

517/083 +

113/

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

412375

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ І СТУДЕНТІВ  
МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ  
(18-23 КВІТНЯ)**

**(робочі мови конференції - українська, російська)**

Сумський державний  
університет  
**БІБЛІОТЕКА**

**ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**Суми - 2005**

Україна  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІБЛІОТЕКА  
Читальний зал № 4

**Механіко-математичний факультет** – один із провідних факультетів Сумського державного університету, навчального закладу найвищого рівня акредитації, створений у 1995 році, нині об'єднує 7 кафедр, центр комп'ютерних технологій та проблемну лабораторію вібронадійності та герметичності відцентрових машин.

Навчання проводиться за 155 навчальними дисциплінами у галузі математики, фізики, механіки, програмування, комп'ютерних технологій та інших.

На факультеті навчаються близько 500 студентів та 25 аспірантів. Навчальний процес забезпечує більше 100 викладачів, серед яких 8 професорів і докторів наук, близько 50 доцентів і кандидатів наук.

Про високий рівень підготовки студентів факультету свідчать щорічні призові місця на республіканських олімпіадах з фахових та загальноосвітніх дисциплін.

Студенти факультету отримують іменні стипендії, продовжують навчання в аспірантурі.

## **ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ**

1 Секція математичного моделювання. Засідання відбудеться 18 квітня, початок роботи о 15-00, ауд. Г 905.

2 Секція прикладної математики та механіки. Засідання відбудеться 21 квітня, початок роботи о 15-00, ауд. Г 805.

3 Секція опору матеріалів. Засідання відбудеться 20 квітня, початок роботи о 16-35, ауд. М 112.

4 Секція загальної та експериментальної фізики. Засідання відбудеться 22 квітня, початок роботи о 15-00, ауд. ЕТ 310.

5 Секція динаміки та міцності. Засідання відбудеться 20-21 квітня, початок роботи о 15-00, ауд. Г 1007.

6 Секція інформатики. Засідання відбудеться 19-20 квітня, початок роботи о 10-00, ауд. Ц 241.

7 Секція моделювання складних систем. Засідання відбудеться 20 квітня, початок роботи о 15-00, ауд. Ц 344.

Підсумкове засідання відбудеться 23 квітня 2005 року, початок о 15-00, ауд. Ц 224.

## СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Председатель - доц. Ячменев В.А.

Секретарь - ассист. Швырков А.И.

18 апреля 2005 г.

Начало в 15-00, ауд. Г 905

1 Расчет воздействия концентрированных потоков энергии на материалы.

Докл. – доц. Ячменев В.А.

2 Бильярд в однородном гравитационном поле.

Докл. – студ. Стриж Т.В., гр. ПМ-11.

Рук. – доц. Ячменев В.А.

3 Интегральные уравнения смешанного типа в исследовании нелинейного нагрева кусочно-однородной среды.

Докл. – ассист. Чаплыгин А.А.

4 Влияние формы локального источника тепла на температурное поле в теле во время лазерного облучения.

Докл. – ст. преп. Клименко В.А.

5 Біфуркаційний аналіз самоорганізації нестійкої системи.

Доп. – ст. викл. Шуда І.А.

6 Особливості розробки навчально-методичних модулів із використанням комп'ютерних технологій.

Доп. – доц. Маслов О.П.

7 Аналіз теоретичних моделей електропровідності полікристалічних металевих зразків.

Доп. – доц. Білоус О.А.

8. К вопросу об определении параметров нелинейных регрессий.

Докл. – доц. Долгих В. Н.

9 Задачі з параметрами.

Доп. – студ. Голод Т.В.

Кер. – доц. Мартиненко О.В.

10 Кососимметричная задача теории упругости для слоя, ослабленного отверстием.

Докл. – асп. Ложечник С.Л.

Рук. – доц. Ковалев Ю.Д.

11 Моделирование как общенаучное понятие.

Докл. – ассист. Швырков А.И.

## СЕКЦИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Председатель - проф.Каринцев И.Б.

Секретарь - ст.преп. Бард Л.В.

20 апреля 2005 года

Начало в 16-35, ауд. М 112

1 Анализ напряженно-деформированного состояния круглой трансверсально изотропной пластины с участком непрочности.

Докл.-доц.Верещака С.М., асп.Жигилий Д.А.

2 Выбор оптимального расположения опор в двухопорной балке из условия прочности и жесткости.

Докл.-студ.Болдырев Е.И., гр.ДМ-31.

Рук.- проф.Каринцев И.Б.

3 К вопросу о рациональном проектировании двухопорных балок.

Докл.-студ. Супрун А.В., гр. И-34.

Рук.- проф.Каринцев И.Б.

4 Исследование условий прочности и жесткости двухопорной балки с нависающей консолью.

Докл.-уч.11-го кл.Вороненко В.И.,Любченко К.Ю.,шк.

№6.

Рук.- проф.Каринцев И.Б., зав.лаб. Попова А.И.

5 О рациональном размещении опор в двухпролетной статически неопределимой балке.

Докл.-студ. Обухов А.А., гр. И-34.

Рук.- проф.Каринцев И.Б.

6 О рациональном размещении опор в трехпролетной статически неопределимой балке.

Докл.-студ. Лемак В., гр. И-34.

Рук.- проф.Каринцев И.Б.

7 Экспериментальное определение модуля сдвига для различных материалов при кручении круглого вала.

Докл.- студ. Нестеров О.Н., Мороз Р.П., гр.ДМ-31.

Рук.-зав.лаб. Попова А.И.

8 Об анализе напряженного состояния конических балок.

Докл.- студ.Воловиков Ю.А., гр. 32ОК (колледж).

Рук.- доц. Катаржнов С.И.

- 9 О расчете композитных балок.  
Докл.-студ.Зброжек В.О., гр. 34ХК (колледж).  
Рук.- доц. Катаржнов С.И.
- 10 Определение внутренних силовых факторов в статически определимых многопролетных шарнирных балках с помощью построения поэтажной схемы.  
Докл.- уч. 11-го кл.Вороненко В.И., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 11 Использование геометрического смысла 1, 2 производной при построении внутренних силовых факторов в балках и рамах.  
Докл.- уч. 11-го кл.Ратушный А., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 12 Вариант изложения сложных видов деформаций в блоковой форме.  
Докл.- уч. 11-го кл.Никоненко А., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 13 Определение линейных и угловых перемещений в статически определимой балке.  
Докл.- уч. 11-го кл.Любченко К., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 14 Определение рационального очертания оси статически определимой арки.  
Докл.- уч. 10-го кл.Покутный М., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 15 Построение эпюр  $Q$ ,  $M$ ,  $N$  в консольном круговом стержне.  
Докл.- уч. 10-го кл.Корниенко К., шк. №6, ГЦНТТМ  
Рук.- Смирнов В.А.
- 16 Построение эпюр внутренних силовых факторов в статически определимой балке при изменении ее угла наклона.  
Докл.- уч. 10-го кл.Липовая Т., шк. №6, ГЦНТТМ.  
Рук.- Смирнов В.А.
- 17 Вариант изложения отдельных тем деформации поперечного изгиба.  
Докл.- уч. 11-го кл.Тертышный И., шк. №25, ГЦНТТ.  
Рук.- Смирнов В.А.

18 Выдающиеся ученые, внесшие значительный вклад в развитие инженерной мысли.

Докл.- уч. 11-го кл. Гордиенко Ю., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

19 Определение допустимой нагрузки клееной деревянной балки опытным путем.

Докл.- уч. 11-го кл. Михалько С., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

20 Определение внутренних силовых факторов в ломаном брусе, работающем на деформацию осевого растяжения для различных видов ослаблений.

Докл.- уч. 10-го кл. Булатов С., шк. №17, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

21 Вариант изложения темы «Деформация осевого растяжения».

Докл.- уч. 11-го кл. Хижняк Т., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

22 Подбор сечений в статически определимой балке, работающей на деформацию поперечного изгиба.

Докл.- уч. 10-го кл. Чудопал С., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

23 Подбор сечений в статически определимой балке, работающей на деформацию косоугольного изгиба.

Докл.- уч. 10-го кл. Волик Ю., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

24 Определение моментов инерции симметричных и несимметричных фигур аналитическим способом.

Докл.- уч. 10-го кл. Татаринев Б., уч. 9-го кл. Крючков С., шк. №25, ГЦНТТМ

Рук.- Смирнов В.А.

25 Построение эпюр  $N$ ,  $\sigma$ ,  $\Delta l$  для ломаного многоступенчатого бруса, работающего на деформацию осевого растяжения, сжатия.

Докл.- уч. 10-го кл. Белинский М., шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

26 Подбор сечений элементов, работающих на деформацию поперечного изгиба.

Докл.-уч.10-го кл.Дибров Б., шк. №17,уч.10-го кл.Белокур С. шк. №25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

27 Исследование значений внутренних силовых факторов в статически определимых балках в зависимости от различных схем нагружения.

Докл.-уч.10-го кл.Стоян Р., Ярошенко Р., шк.№25, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

28 Использование модели при рассмотрении деформации внецентренного сжатия.

Докл.-уч. 11-го кл.Томко А., шк. №6, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

29 Вариант изложения деформации продольного изгиба в блоковой форме.

Докл.-уч. 11-го кл.Юрко И., шк. №6, ГЦНТТМ.

Рук.- Смирнов В.А.

## СЕКЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

Председатель - проф. Фильштинский Л.А.

Секретар - ст. преп. Сушко Т.С.

21 апреля 2005 г.

Начало в 15 - 00, ауд. Г 805

1 Неклассические модели теплопроводности и термоупругости изотропных и анизотропных тел.

Докл. – проф. Фильштинский Л.А.

2 Напряженное состояние слоя с полостью.

Докл. – доц. Ковалев Ю.Д.

3 О математических моделях волокнистых композитов.

Докл. – ст. преп. Шрамко Ю.В.

4 Граничная задача электроупругости для пьезокерамического слоя, ослабленного туннельной неоднородностью.

Докл. – ст. преп. Шрамко Л.В.

5 Точное решение динамической связанной задачи термоупругости (кососимметричный случай).

Докл. – асп. Бондарь А.В.

Рук. – проф. Фильштинский Л.А.

6 Связанная пространственная задача термоупругости для слоя с туннельным отверстием.

Докл. – асп. Молдаванова Н.А.

Рук. – проф. Фильштинский Л.А.

7 Действие теплового импульса в анизотропном слое с туннельной полостью.

Докл. – асп. Киричек Т.А.

Рук. – проф. Фильштинский Л.А.

8 Спектр полого толстостенного цилиндра в случае симметричного возбуждения.

Докл. – асп. Кушнир Д.В.

Рук. – проф. Фильштинский Л.А.

9 Антиплоская деформация упругой анизотропной среды с отверстиями.

Докл. – студ. Кобзарь В.Н., гр. ПМ-01.

Рук. – проф. Фильштинский Л.А.



10 Точное решение задачи теории электроупругости для неоднородного кругового цилиндра.

Докл. – асп. Стативка Е.Н.

Рук. – доц. Ковалев Ю.Д.

11 Статические и стационарные волновые поля в кусочно-однородных пьезокерамических телах.

Докл. – ст.преп. Сушко Т.С

## СЕКЦИЯ ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Председатель - проф. Денисов С.И.

Секретарь - ассист. Витренко А.Н.

22 апреля 2005 г.

Начало в 15 -00, ауд. ЭТ 310

1 Определение термодинамических свойств многокомпонентных газовых смесей.

Докл. – доц. Игнатенко В.М.

2 Моделирование процесів дефектоутворення у монокристалах телуриду кадмію, легованого хлором.

Доп. – асп. Косяк В.В., доц. Опанасюк А.С.,  
доц. Тиркусова Н.В.

3 Ансамбль точкових дефектів у плівках  $CdTe$ , одержаних при регульованому тиску кадмію.

Доп. – асп. Косяк В.В., доц. Опанасюк А.С.

4 Ансамбль точкових дефектів у монокристалах телуриду кадмію, легованих фосфором.

Доп. – студ. Денисенко Р.В., доц. Опанасюк А.С.

5 Вероятности переориентации магнитных моментов наночастиц.

Докл. – ассист. Лютый Т.В., ст. преп. Денисова Л.А.

6 Хаотический транспорт ионной цепочки.

Докл. – научн.сотр. Денисова Е.С., ассист. Лютый Т.В.,  
студ. Литвиненко А.И.

7 Уравнение Фоккера-Планка для систем с гауссовским цветным шумом.

Докл. – ассист. Витренко А.Н.

## СЕКЦИЯ ДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ

Председатель - проф. В.А. Марцинковский

Секретарь - доц. Е.Н. Савченко

20 апреля 2005 г.

Начало в 15-00, ауд. Г1007

21 апреля 2005 г.

Начало в 15-00, ауд. Г1007

1 Основные требования, предъявляемые к уплотнениям.

Докл. - студ. Полонский С.А., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

2 Деформации уплотнительных колец в торцовых уплотнениях.

Докл. - студ. Зимогляд Ю.В., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

3 Решение задачи гидроупругости торцового уплотнения.

Докл. - студ. Деркач О.А., гр. ДМ-01.

4 Дослідження і розрахунок торцевого безконтактного ущільнення нової конструкції.

Доп. - студ. Нелюдимова Ю.В., гр. ДМ-01.

Кер. - проф. Симоновський В.І.

5 Исследование динамики торцовых уплотнений.

Докл. - ассис. Зуева Н.В.

6 Дослідження ефективності врівноваження гнучких роторів у двох площинах корекції.

Доп. - студ. Куций С.О., Станченко Л.В., гр. ДМ-11.

Кер. - проф. Симоновський В.І.

7 Исследование гидродинамических характеристик плоского канала с упруго закрепленной стенкой.

Докл. - студ. Гетьманський Н.С., гр. ДМ – 01.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

8 Теоретическое и экспериментальное исследование ламинарного и турбулентного течений вязкой жидкости в конусной трубе.

Докл. - студ. Пересада И.А., гр. ДМ-01.

Рук. - доц. Калиниченко П.М.

9 Определение вероятностных характеристик расхода через щелевое уплотнение.

Докл. - студ. Тарасевич Ю.Я.

10 Автоматическое уравнивающее устройство (гидропята).

Докл. - студ. Бровкова Е.В., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

11 Анализ динамики гидропята с податливым упорным кольцом.

Докл. - студ. Павленко И.В., гр. ДМ-11.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

12 Статичний і динамічний розрахунок базової конструкції системи осьового врівноваження роторів насосів та її модифікацій.

Доп. - студ. Гуменюк О.М., гр. ДМ-01.

Кер. - доц. Чурилова В.Є.

13 Модернізація врівноважувального пристрою з допоміжним торцевим дроселем з урахуванням статичних і динамічних характеристик.

Доп. - студ. Величко О.М., гр. ДМ-01.

Кер. - доц. Чурилова В.Є.

14 Чисельний аналіз впливу на динамічну стійкість окремих параметрів системи осьового врівноваження ротора відцентрового насоса.

Доп. - студ. Мандриченко О.О., гр. ДМ-11.

Кер. - доц. Чурилова В.Є.

15 Учет проводимости торцового дросселя на автоматическое уравнивание осевой силы ступени центробежного насоса.

Докл. - студ. Погребной С.А., ДМ-11.

Рук. - доц. Калиниченко П.М.

16 Автоколебания ротора, вращающегося в подшипниках скольжения.

Докл. - студ. Рыбалко А.Н., гр. ДМ-01.

Рук. - доц. Кафтарян Л.С.

17 Преимущества и недостатки магнитных подшипников.

Докл. - студ. Шкумат В.В., Дедов В.А., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

18 Расчет шпилек крышки нагнетания и уплотнительной прокладки.

Докл. - студ. Новикова О.В., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

19 Расчет на прочность основных деталей центробежного насоса ЦНС 60-330.

Докл. - студ. Золотарь Т.Н., гр. ДМ-11.

Рук. - доц. Загорулько А.В.

20 Расчет на прочность насоса спирального типа.

Докл. - студ. Шевченко А.П., гр. ДМ-01.

Рук. - ассист. Тарасевич Ю.Я

21 Анализ динамических характеристик ротора центробежного насоса ЦНС 60-330.

Докл. - студ. Герасимова К.П., гр. ДМ-11.

Рук. - доц. Загорулько А.В.

22 Система диагностирования газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов.

Докл. - студ. Хоменко А.А., гр. ДМ-11.

Рук. - доц. Савченко Е.Н.

23 Оценка фактического технического состояния скважинного оборудования.

Докл. - асп. Черевко А.А.

Рук. - доц. Нагорный В.М.

24 Исследование и расчет перспективных конструкций сальниковых уплотнений.

Докл. - студ. Гудков С.Н., гр. ДМ-01.

Рук. - доц. Загорулько А.В.

25 Исследования и расчет торцовых сальниковых уплотнений с гидродинамической разгрузкой пары трения.

Докл. - студ. Гнатенко С.С., гр. ДМ-01.

Рук. - доц. Загорулько А.В.

26 Статический расчет импульсных уплотнений.

Докл. - студ. Грибиниченко А.И., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

27 Динамические характеристики импульсных уплотнений.

Докл. - студ. Зуева Е.В., гр. ДМ-21.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

28 Конструкция, принцип работы и расчет двойного импульсного уплотнения.

Докл. - студ. Крисанова А.С., гр. ДМ-11.

Рук. - проф. Марцинковский В.А.

29 Экспериментальные исследования и расчет двухступенчатых импульсных уплотнений

Докл. - студ. Корижневский Е., гр. ДМ-01

Рук. - доц. Загорулько А.В.

30 Исследование деформационной модели течения жидкости.

Докл. - студ. Кочерга С.С., Прихожай Е.В., гр. ДМ-01.

Рук. - доц. Калиниченко П.М.

- 31 Исследование и расчет характеристик вибрационных сигналов с помощью программного комплекса "MAThead".  
Докл. - студ. Гончаренко А.В., гр. ДМ-11.  
Рук. - доц. Савченко Е.Н.
- 32 Исследование вибрационных процессов с помощью системы компьютерного моделирования MATLAB.  
Докл. - студ. Барвинский С.А., Коваленко Е.Ю., гр. ДМ-01.  
Рук. - доц. Савченко Е.Н.
- 33 Краевые эффекты в двухслойной трансверсально изотропной пластине с дефектами структуры.  
Докл. - асп. Жигилий Д.А.  
Рук. - проф. Хворост В.А.
- 34 Манжетные уплотнения вала.  
Докл. - студ. Головач Р.С., гр. ДМ-21.  
Рук. - проф. Марцинковский В.А.
- 35 Разработка фрикционных уплотнительных материалов для применения в центробежных компрессорах и паровых турбинах.  
Докл. - студ. Коровяковский Д.Н., гр. ДМ-21.  
Рук. - проф. Марцинковский В.А.
- 36 Оценка возможности использования физики отказа машин при прогнозировании их ресурса.  
Докл. - студ. Жулев С.А., гр. ДМ-11.  
Рук. - доц. Нагорный В.М.
- 37 Прогнозирование ресурса роторных машин на основе физики их отказа.  
Докл. - студ. Морозов Д.С., гр. ДМ-01.  
Рук. - доц. Нагорный В.М.
- 38 Сравнительный анализ различных методов принятия решений при оценке технического состояния роторных машин.

Докл. - студ. Холод В.Б., гр. ДМ-01.  
Рук. - доц. Нагорный В.М.

39 Вектор силы в статике и динамике.  
Докл. - доц. Калиниченко П.М.

40 Теорема динамики о приведении системы сил к произволь-  
ному центру.  
Докл. - доц. Калиниченко П.М.

41 Исследование динамики точки.  
Докл. - доц. Калиниченко П.М.

42 Анализ расчетных схем культовых сооружений древнего ми-  
ра.  
Докл. - Скорик А., 11-й кл., шк. № 6 .  
Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

43 Определение усилий в элементах фермы с использованием  
шпренгельной фермы.  
Докл. Костырев И., 9-й кл., шк. №6.  
Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

44 Определение усилий в элементах фермы и подбор сечений.  
Докл. - Назаренко Р., 10-й кл., шк. №25.  
Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

45 Определение опорных реакций в плоской системе произволь-  
но расположенных сил, центров тяжести сложных фигур.  
Докл. - Васильев Я., 9-й кл., шк. №23.  
Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

46 Определение составляющих усилий при движении тела по  
наклонной плоскости.  
Докл. - Гущин А., 10-й кл., шк. №25.  
Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.



47 Определение усилий в элементах фермы, опорных реакций, центров тяжести фигур.

Докл. - Гончар С., 10-й кл., Вертиль Д., 9-й кл., шк. №7,  
Лазаренко С., Матвиенко Б., 9-й кл., шк. №25.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

48 Определение усилий в элементах фермы при различных схемах ее нагружения.

Докл. - Бурый А., 9-й кл., шк. №7, Чередниченко С., 11-й кл., г. Белополье, Дом детей и юношества, Шаповал В., 8-й кл., шк. №25, Пинятин С., 10-й кл., шк. №7.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

49 Определение опорных реакций в многопролетных шарнирных балках с построением поэтажных схем.

Докл. - Вакула Д., 9-й кл., шк. №7.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

50. Определение опорных реакций в статически определимых арках при различных схемах нагружения.

Докл. - Шульга Р., 9-й кл., шк. №7.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

51 Определение усилий в опорах пространственной системы произвольно расположенных сил.

Докл.- Рожков С. 10-й кл., шк. №7, Кривошеев С., 10-й кл., г. Белополье, Дом детей и юношества.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

52 Определение опорных реакций в арках при различных схемах загрузки и различной стреле подъема.

Докл. - Качан С., 10-й кл., г. Белополье, Дом детей и юношества:

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

53 Определение опорных реакций, центров тяжести сложных фигур, составленных из простых и прокатных профилей.

Докл.-Яловчук А., Чередниченко Ю., 10-й кл., г. Белополье, Дом детей и юношества, Сиконенко О., 9-й кл., шк. №6.

Рук. - Смирнов В.А., Центр НТТМ.

## СЕКЦІЯ ІНФОРМАТИКИ

Голова - доц. Любчак В.О.

Секретар - асист. Хатунцев А.Ю.

19-20 квітня 2005 р.

Початок о 10-00, ауд. Ц 241

1 Экспертная система предварительного оценивания знаний студента с использованием регулярных выражений.

Докл. – студ. гр.ПМ-02 Горобченко Д.В.

Рук. – доц. Авраменко В.В.

2 Методичні питання використання в математичних дистанційних курсах тренажерів.

Доп. – студ. СДПУ ім. А.С.Макаренка Мельникова О.В.

Кер. – зав. лабораторії дистанційного навчання

СумДУ Лаврик Т.В.

3 Подготовка HTML материалов для публикации на сайте дистанционного образования.

Докл. – студ. гр.ММ-33 Прокопович Е.С.

Рук. – вед. инженер -программист лаборатории

дистанционного обучения СумГУ Пивень А.Г.

4 Универсальная система поддержки принятия решений на базе модифицированной нейронной сети встречного распространения.

Докл. – асп. Мишенин А.А.

5 О численных методах решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Докл. – доц. Литвиненко А.А.

6 Анализ и программная реализация алгоритма «Проталкивание предпотока».

Докл. – студ. гр.ММ-43 Прокопович Д.С.,

студ. гр.ММ-33 Прокопович Е.С.

Рук. – доц. Маслова З.И.

7 Построение модели на базе квазихимического описания дефектов в CdTe:Cl.

Докл. – студ. ММ-32 Радченко Т.О.

Рук. – доц. Тыркусова Н.В.

8 Програмный проект для 3D- моделирования поверхонь.

Допов. – студ. гр. ММ-31 Неофітний Д.М.

9 Разработка проекта для организации работы с накладными по перевозке груза.

Докл. – студ. гр.ММ-45 Скуба М.

10 Моделирование учебного процесса методом функционально-статистических испытаний.

Докл. – студ. гр. ИН-12 Петров С.А.

11 Разработка тестирующей программы для объективной оценки уровня знаний учащихся.

Докл.–студ. гр.ММ-41 Назаренко О.Г., Иващенко В.А.

12 Дослідження характеристик генетичних алгоритмів у задачі параметричної оптимізації.

Допов. – студ. гр. ІН-12 Ключко С.О.

13 К вопросу о представлении рациональных дробей египетскими суммами

Докл. – студ. Кузиков Б.А. ,

Рук. – доц. Шаповалов С.П.

14 Локальная вычислительная сеть предприятия.

Докл. – студ. ПМ-02 Зайка Ю.С.

15 Разработка системы аудита и разграничения доступа клиентов распределенного программного обеспечения для масс-спектрометрических экспериментов.

Докл. – студ. гр.ПМ-02 Дяговченко С.В.

- 16 Автоматизированная система учета, контроля и сопровождения компьютерного обеспечения.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Барило Р.Б.
- 17 Анализ и прогнозирование темпов прироста населения Сумской области.  
Докл. – студ. гр.Ин-11 Пчеляной С.Г.
- 18 Методы розв’язку некоректно поставлених задач. Нормальний псевдорозв’язок.  
Доп. – студ. гр.ММ-31 Барсукова М.В.  
Кер. – ст.викл. Назаренко Л.Д.
- 19 Программные и математические инструменты повышения безопасности автоматизирующие деятельность системного администратора распределенных систем обработки данных.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Аверин Ю.С.
- 20 Система составления расписания ВУЗа с возможностью доступа с мобильных терминалов.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Серебрянский И. А.
- 21 Построение адаптивных дистанционных курсов обучения с использованием интеллектуальных агентов.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Кондратюк А.В.
- 22 Оптимальное управление курсом движения судна.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Арешин С.Б.
- 23 Дослідження модифікації генетичного алгоритму із елітизмом .  
Доповідач – студ. гр.Ин-12 Тронь В.А.
- 24 Проектирование и программная реализация рассылки новостей для крупной организации на примере СумГУ.  
Докл. – студ. гр.ПМ-02 Панасенко И.М.

25 Информационная модель и программная реализация практических занятий по курсу «Криптология» для дистанционного курса обучения.

Докл. – студ. гр.ПМ-02 Гречанник В.М.

26 Разработка методики тестирования производительности распределённых систем на базе .NET Remoting и XML Web Services на платформе .NET.

Докл. – студ. гр.ПМ-02 Волк А.Ю.

27 Аналіз алгоритму «Видалення насичених дуг».

Доп. – студ. Барило О.Б.

Кер. – доц. Маслова З.І.

28 Применение векторных фильтров в обработке биомедицинских сигналов.

Докл. – студ. гр.ПМ-02 Алфимов О.Г.

29 Решение прямой задачи для определения турбулентных характеристик потока в проточной части и повышения технико-экономических показателей гидромашин.

Докл. – асп. Волик А.А.

30 Оптимізація словника ознак розпізнавання за методом послідовної спадної спрямованої селекції.

Доп. – асп. Шелехов І.В.

31 Бюджетирование в информационной системе управления предприятием.

Докл. - Маглюй С.А., канд.техн.наук, директор департамента бизнес-кнсалтинга корпорации «Инком»

32 О применении метода Монте-Карло при моделировании экономических процессов.

Докл. – доц. Шаповалов С.П.

33. Спектральные методы идентификации резонансных пиков колебательных систем.

Докл. - доц. Пузько И.Д., студ. Дзюба А.А.

## СЕКЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Председатель - доц. Карпуша В.Д.

Секретарь - доц. Харченко Д.О.

20 апреля 2005 г.

Начало в 15-00, ауд. Ц 344

1 Компьютерная реализация корреляционно-экстремальной системы технической диагностики проточной части центробежного насоса с предвключенным шнеком.

Докл. - студ. гр. ПМ-01 Богатыренко Ю.М.

Рук. – доц. Авраменко В.В.

2 Влияние толщины приповерхностного слоя аморфных сплавов на их термодинамические характеристики.

Докл. - Швец У.С., аспирант

Рук. – доц. Карпуша В.Д.

3 Simulation of self-organized criticality within the framework of sandpile model

Докл. - студ. гр. ПМ-11 Вернигора И.

Рук. – доц. Харченко Д.О.

4 Эконометрико-игровой подход к моделированию макроэкономических систем.

Докл. - студ. гр. ПМ-11 Васильев А. А.

Рук. – доц. Назаренко А. М.

5 Об одном способе моделирования газотранспортной системы.

Докл. - студ. гр. ПМ-11 Михайленко Ю.П.

Рук. – доц. Назаренко А. М.

6 Розпізнавання морфологічних зображень в медицині.

Доп. - студ. гр. ПМ-01 Кривенко В.Б.

Кер. – доц. Краснополюсовський А.С.

7 Оцінювання і прогнозування макроекономічних показників України за період 1991-2004рр. методами економетрики.

Доп. - студ. гр. ПМ-01 Котенко Л.П.

Кер. – доц. Назаренко О.М.

8 Влияние флуктуаций на картину коалесценции.

Докл. - студ. гр. ПМ-01 Пискун Е.И.

Рук. – доц. Харченко Д.О.

9 Самоорганізація нестійкої системи за біфуркацією Хопфа.

Доп. - студ. гр. ПМ-11 Харченко В.О.

Кер. – доц. Харченко Д.О.

## **ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

23 апреля 2005 года Начало в 15-00, ауд. Ц 224

1 Подведение итогов конференции.

Докл. – декан ММФ, доц. Любчак В.А.

## **РАСЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА МАТЕРИАЛЫ**

Николенко В.В., Ячменёв В.А.

В настоящее время при получении материалов с новыми свойствами широко используются ионно – плазменные обработки их поверхностей.

Однако использование высокоскоростного нагрева приводит к образованию максимума температур внутри пограничного слоя. Закипание и испарение материала приводит к разрушению поверхности материала.

В этой связи представляется актуальным расчет тепловых полей и выяснение условий разрушения металла в зависимости от режима обработки.

В предлагаемом докладе рассматривается трехмерная задача теплопроводности в нелинейной постановке. Предполагается, что теплофизические коэффициенты, в частности, коэффициенты теплопроводности, температура поглощения, теплоемкости зависят линейным или квадратичным образом от температуры материала.

Предполагается процедура численного решения поставленной задачи, которая сводится к решению последовательности частично линеаризованных задач. Отличается быстрая сходимость описанного процесса последовательных приближений.

## **БИЛЬЯРД В ОДНОРОДНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ**

Ячменёв В.А., Стриж Т.В. студентка группы ПМ-11

Динамическую систему, описываемую уравнениями движения материальной точки с ударным выходом на двустороннюю связь, назовем динамическим бильярдом. Частным случаем является классический кинематический (математический) бильярд, когда на математическую точку не действуют никакие силы и ее траектория определяется только ударными выходами на связь, а отрезок траектории между двумя последовательными ударами есть прямолинейное движение с постоянной скоростью.



Рассмотрим плоское движение точечной массы в однородном поле тяготения внутри вертикально стоящего круга. Будем считать, что удар точки с граничной окружностью, абсолютно упругий.

Уравнения движения рассматриваемой задачи имеет вид

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\vec{e}, \quad |\vec{r}| \leq 1, \quad \vec{v}_+ = \vec{v}_- - 2(\vec{v}_-, \vec{n}),$$

$$\vec{r} = \frac{\bar{R}}{e}, \quad \vec{v} = \frac{V}{\sqrt{gl}}, \quad t = \sqrt{\frac{g}{l}} T.$$

Здесь  $\bar{R}$  и  $\bar{V}$  соответственно радиус-вектор и скорость точечной массы,  $T$  — текущее размерное время,  $l$  — радиус граничной окружности.

Ввиду абсолютной упругости удара, во время движения сохраняется его энергия

$$\frac{1}{2} |\vec{v}|^2 + y = h = const.$$

В работе предпринята попытка построения многозвенных периодических траекторий и исследования их устойчивости.

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ СМЕШАННОГО ТИПА В ИССЛЕДОВАНИИ НЕЛИНЕЙНОГО НАГРЕВА КУСОЧНО-ОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ

Николенко В. В., Чаплыгин А. А., Ячменёв В. А.

Рассматривается задача нагрева полуплоскости с трещиной с помощью концентрированного потока энергии, например лазерного излучения.

Пусть полуплоскость  $|y| < \infty, x \geq 0$  с расположенным внутри прямолинейным разрезом  $L$  подвержена нагреву, а разрез теплоизолирован.

Математическая формулировка задачи имеет вид:

$$(\lambda(T)T'_x)_x + (\lambda(T)T'_y)_y = c(T)T'_t,$$

$$\lambda(T)T'_x \Big|_{x=0} = -A(T)q_0 e^{-ky^2},$$

$$\frac{\partial T}{\partial n} \Big|_L = 0,$$

$$T(+\infty, y, t) = T(x, \pm\infty, t) = T(x, y, 0) = T_0.$$

Здесь  $T$  - температура;  $t$  - время;  $x, y$  - пространственные координаты;  $q_0$  - плотность потока излучения;  $\lambda(T)$  - коэффициент теплопроводности;  $C(T)$  - объёмная плотность;  $T_0$  - начальная температура; знаки «+» и «-» относятся к правому и левому берегам разреза соответственно.

Для решения поставленной задачи с помощью подстановки Кирхгофа выполняется её частичная линеаризация и для полученной краевой задачи строится итерационный процесс, схематическое описание которого имеет вид:

$$\Delta v_n = \frac{\partial v_n}{\partial \tau} + f(v_{n-1}),$$

(1)

$$\frac{\partial v_n}{\partial n} \Big|_{x=0} = -Ae^{-y^2},$$

(2)

$$\frac{\partial v_n}{\partial x} \Big|_L = 0.$$

(3)

В качестве нулевого приближения выбираем  $v_0 = 0$ . Тогда первое приближение получается из решения линейной системы соответствующей (1)-(3) (в этом случае  $f(v_{n-1}) = 0$ ).

Решение линейной системы ищем в виде:

$$v_1(x, y, \tau) = v_1^*(x, y, \tau) + v_1^0(x, y, \tau),$$

Где  $v_1^0(x, y, \tau)$  - решение задачи (1)-(2) для полуплоскости без разреза. С помощью  $v_1^0$  определяем граничные условия на разрезе, а функцию  $v_1^*$  представляем в виде суммы потенциалов двойного и простого слоя с неизвестными плотностями. Выполнив предельные переходы на границе разреза получаем интегральное уравнение типа Фредгольма по пространственным переменным и Вольтерра по временной переменной.

## ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ТЕЛЕ ВО ВРЕМЯ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Клименко В.А.

Действие распределенного поверхностного источника тепла с известной удельной мощностью или тепловым потоком, заданной интенсивности позволяют моделировать процесс лазерного нагрева материалов, облучением поверхности высококонцентрированными потоками энергии. Форму источника можно изменять оптическим или электромагнитным способом. Поэтому возникает задача оптимизации формы источника на основе того или иного критерия оптимальности, в том числе, и критерия минимума аппаратных затрат.

Если удельная мощность излучения лазера не достаточна для расплавления и выпаривания поверхностного слоя, затраты тепловой энергии вследствие радиации и конвекции с поверхности тела незначительны, а теплофизические свойства материала не зависят от температуры.

В осесимметричной постановке данная задача рассмотрена в [1].

Рассматривается краевая задача теплопроводности в физически нелинейной постановке

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t}, \quad r \geq 0, \quad z > 0, \quad t > 0$$

$$T(r, z, 0) = 0, \quad r \geq 0, \quad z \geq 0$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = -Aq(r)\delta(t_s - t), \quad r \geq 0, \quad z = 0, \quad t > 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad r = 0, \quad z \geq 0, \quad t > 0$$

$$T(\infty, z, t) = T(z, \infty, t) = 0, \quad t > 0$$

где  $T$  - температура,  $r, z$  - радиальная и аксиальная переменные цилиндрической системы координат в центре области нагрева,  $t$  - время,  $q, t_s$  - интенсивность и продолжительность облучения,  $a$  и  $\lambda$  - коэффициенты тепло- и температуропроводности,  $A$  - коэффициент поглощения,  $\delta(t)$  - функция Хевисайда.

Для нормально и равномерно распределенных источников тепла и в предположении независимости  $a$  и  $\lambda$  от температуры определяется распределение безразмерной температуры вдоль радиальной оси на поверхности ( $z = 0$ ) и в середине тела при фиксированных критериях Фурье ( $F_0$ ), а также изменении  $\Delta F_0$  с глубиной  $z$  от поверхности нагрева вдоль оси  $p = 0$ .

### Литература.

Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. Лазерная обработка материалов. М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.

## БІФУРКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ САМООРГАНІЗАЦІЇ НЕСТІЙКОЇ СИСТЕМИ

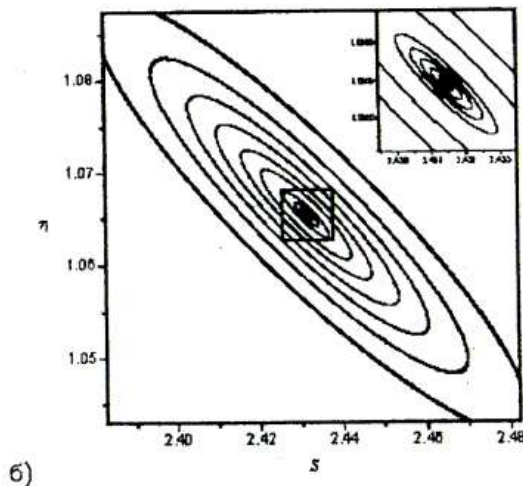
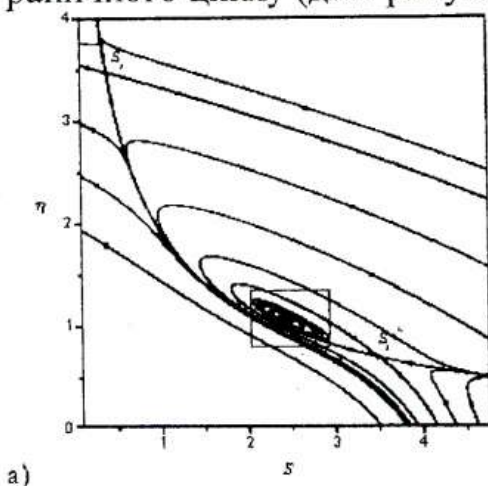
І.О. Шуда, В.О. Харченко

Серед складних систем особливе місце займають відкриті системи, які самоорганізуються під зовнішньою дією, здатною збільшити їх ентропію. У найпростішому випадку, що зводиться до термодинамічних фазових перетворень, зовнішній вплив приводить до переходу системи у локальний мінімум ефективного потенціалу, який відповідає упорядкованому стану. Така ситуація виникає, коли час релаксації параметра порядку набагато перевищує характерні масштаби зміни спряженого поля та керуючого параметра. У проміжній ситуації система переходить до авто хвильового режиму, який відповідає граничному циклу.

Для дослідження такого режиму розглянемо систему Лоренца

$$\dot{\eta} = -\eta + h, \quad \sigma \dot{h} = -h + \eta S, \quad \varepsilon \dot{S} = (S_e - S) - \eta h,$$

де  $\eta$  – параметр порядку,  $h$  – спряжене поле,  $S$  – керуючий параметр,  $S_e$  – параметр зовнішнього впливу,  $\sigma = \tau_h / \tau_\eta$ ,  $\varepsilon = \tau_S / \tau_\eta$  – співвідношення характерних часів зміни величин  $\eta$ ,  $h$ ,  $S$ . Зовнішній вплив визначається потенціалом у вигляді універсальної деформації складки  $V_e = A\eta + (C/3)\eta^3$ , взятої з теорії катастроф ( $A, C$  – параметри теорії). Система досліджувалась за алгоритмом біфуркації народження циклу. За умови  $C < 0$ , коли параметр порядку необмежено зростає при потраплянні в область великих значень  $\eta, S$ , розглянута система є глобально нестійкою. Однак, при певних значеннях  $S_e, A, C$  проявляється локальна стійкість, характер якої визначається типом фокусу. При зміні притягуючого фокусу у відштовхуючий відбувається біфуркація Хопфа, при якій реалізується сім'я вироджених фазових траєкторій типу граничного циклу (див. рисунок).



## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МОДУЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Білоус О.А., Маслов О.П.

Питання створення та застосування навчально-методичних модулів із використанням комп'ютерних технологій є актуальним при дистанційному навчанні студентів.

Вивчення математичної дисципліни складається з ознайомлення з відповідним теоретичним матеріалом, формулами, доказами теорем, а також отримання й закріплення навичок практичної роботи при розв'язку задач.

При розробці навчальних модулів необхідно звернути увагу на питання методичного характеру, а також врахувати рівень підготовки і індивідуальні особливості студента. Для цього типові завдання з яких складається модуль класифікуються за рівнем складності, і надаються для розв'язку починаючи з простих завдань і закінчуючи більш складними, об'ємними задачами. Це надає можливість на початковому етапі закріпити теоретичні положення, ознайомитись з методикою розв'язку типових задач, отримати практичні навички.

Відмітимо, що навчальний модуль дозволяє студенту зосередитись та надати більшу увагу питанню, що вивчається, тому, що частину допоміжних розрахунків, на які при звичайному розв'язку задачі необхідно багато часу, виконує комп'ютер.

Крім того, комп'ютерні технології дозволяють встановити індивідуальний темп роботи для кожного студента, врахувати рівень його підготовки і ступень володіння теоретичним і практичним матеріалом пропонуючи достатню кількість варіантів типових задач по даній темі для кожного рівня складності і надаючи методичну підтримку. Послідовне виконання завдання і встановлення проміжного контролю дозволяє студенту більш детально вивчити суть питання, розібратися з алгоритмом розв'язку завдання, вчасно звернутися

за допоміжним теоретичним матеріалом, чи допомогою викладача.

Комп'ютерний модуль дозволяє графічно ілюструвати і аналізувати отримані відповіді, контролювати проміжні результати, встановлювати залежність між результатами розв'язку завдання та початковими умовами, що розвиває індуктивне мислення студентів.

Перспективними є модулі, що охоплюють матеріал декількох дисциплін, наприклад, теоретичної механіки та векторної алгебри, операційного числення та електротехніки та ін. Працюючи з задачами такого типу студент набуває певний досвід застосування математичного апарату в інженерній практиці. Такі комбіновані задачі підвищують рівень професійної підготовки майбутнього спеціаліста.

## **АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ**

Білоус О.А.

Розсіювання носіїв електричного струму на межах зерен (внутрішній розмірний ефект) в тонких плівках металів описується теорією електропровідності Майядаса і Шатцкеса (МШ) [1]. В роботі розглянута модель, в якій розсіювання носіїв заряду на перпендикулярних зовнішнім поверхням міжкристалічних межах описується ефективним часом релаксації  $\tau$ , що залежить від середнього розміру кристалітів  $L$ , коефіцієнта розсіювання  $R$  та довжини вільного пробігу носіїв заряду  $\lambda$ . Порівняння експериментальних даних з результатами теорії МШ з метою визначення параметрів електропереносу є ускладненим внаслідок складного аналітичного виразу для питомої провідності  $\sigma$ .

Асимптотичні вирази лінеаризованої та ізотропної моделей Тельє, Тоссе та Пішара [2] отримані в рамках теорії МШ є послідовними і дозволяють проводити розрахунок параметрів електропереносу, якщо плівкові зразки задовольняють пред'явленим до них вимогами. Так зокрема

середній розмір зерна не повинен залежати від товщини, що експериментально досягти не завжди вдається. У зв'язку з тим у рамках теорії МШ отримані асимптотичні вирази для питомого опору та ТКО полікристалічних плівок для різних граничних випадків значень приведеної товщини ( $k \ll 1$ ,  $k \gg 1$ ) та параметра зерномежевого розсіювання ( $\alpha \ll 1$ ,  $\alpha \gg 1$ ), які можна використовувати як функцію точки при обробці експериментальних результатів у реальних плівкових зразках. На основі цих формул запропонована методика і проведено розрахунок значення коефіцієнта розсіювання  $R$  при постійному значенні  $\lambda$ . Так для плівок Ni в інтервалі товщин 50-150 нм  $R$  складає 0,37-0,40, для плівок Cu товщиною 55-135 нм коефіцієнт розсіювання електронів на межах зерен — 0,35-0,40.

#### Література.

1. Mayadas A.F., Shatzkes M. Electrical-Resistivity Model for Polycrystalline Films: the Case of Arbitrary Reflection on External Surface // Phys.Rev.B.-1970.-V.11.№4. — P.1382-1389.
2. Tellier C.R., Tossier A.J. Size effects in thin films.- Amsterdam-Oxford-New-York: Elsevier Scientific Publ. Company.- 1982.- 310 p.

#### К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИЙ

Долгих В. Н. (Украинская академия банковского дела)

При статистическом моделировании приходится иметь дело со стохастическими зависимостями между величинами, когда каждому фиксированному значению независимой переменной  $x$  соответствует множество значений зависимой переменной  $y$ . Функциональная зависимость между условным математическим ожиданием зависимой переменной  $y$  и независимой переменной  $x$ , называется уравнением регрессии  $y$  на  $x$ . Как правило, в распоряжении исследователя имеется лишь выборка, состоящая из  $n$  пар наблюдений  $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ).



Построение выборочного уравнения регрессии, являющегося оценкой неизвестного теоретического уравнения, состоит из трёх этапов:

1. Выбор вида уравнения (этап спецификации). Обычно уравнение регрессии задаётся в виде  $\hat{y} = f(x, b_0, b_1, \dots, b_m)$ , где  $b_0, \dots, b_m$  – подлежащие определению параметры.
2. Оценка неизвестных параметров (этап параметризации).
3. Анализ качества уравнения (этап верификации).

Наиболее распространённым методом оценки параметров является метод наименьших квадратов (МНК), заключающийся в минимизации суммы квадратов отклонений  $e_i$  фактических значений  $y_i$  от вычисленных по функции регрессии  $\hat{y}_i = f(x_i, b_0, b_1, \dots, b_m)$ :

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, b_0, b_1, \dots, b_m)]^2 = \quad (1)$$

$$Q(b_0, b_1, \dots, b_m) \rightarrow \min$$

Приравняв нулю частные производные функции  $Q$  по параметрам  $b_j$ , получаем систему уравнений для их определения. Если функция  $f$  линейна относительно параметров:

$$\hat{y} = \sum_{j=0}^m b_j \varphi_j(x), \text{ где } \varphi_j(x) \text{ – линейно независимые функции, то и}$$

система уравнений для их определения также линейна. Например, для линейного уравнения  $\hat{y} = a + bx$  система и её решение имеют вид

$$\begin{cases} na + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{cases} \Rightarrow$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad a = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right).$$

(2)

Если же уравнение регрессии нелинейно относительно параметров, например показательное  $\hat{y} = ae^{bx}$  или степенное  $\hat{y} = ax^b$ , то и система уравнений для их определения также нелинейна и её решение представляет значительные трудности. Обычно показательное и степенное уравнения рекомендуется [1 - 3] логарифмированием сводить к линейным, например показательное уравнение после логарифмирования примет вид:

$\hat{y}_* = a_* + bx$ , где  $\hat{y}_* = \ln \hat{y}$ ,  $a_* = \ln a$ . Параметры  $a_*$ ,  $b$  можно вычислить по формулам (2), заменив  $y_i$  на  $\ln y_i$ . Однако, такое преобразование приводит к тому, что минимизируется не сумма

(1), а сумма  $\sum_{i=1}^n (\ln y_i - \ln \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n \ln^2(y_i / \hat{y}_i)$ . В результате

оценки параметров получаются смещёнными. Для иллюстрации сказанного рассмотрим пример. Для каждого значения  $x_i = 0,4i$  ( $i = 0, 1, \dots, 5$ ) расположим по две “экспериментальные” точки на равных расстояниях  $e_i = \pm 0,9$  от “теоретической” кривой  $y = e^x$ . Значения параметров показательного уравнения  $\hat{y} = ae^{bx}$ , полученные в результате логарифмического преобразования,  $a = 0,5805$ ,  $b = 1,3424$  значительно отличаются от “теоретических”  $a = b = 1$ . Соответствующие кривые приведены на рис. 1. Этот же результат получается и при построении экспоненциальной линии тренда в программе Excel.

Для получения несмещённых оценок предлагается использовать нелинейный метод наименьших квадратов (НМНК), заключающийся в непосредственной минимизации суммы (1), например при помощи средства *Сервис*  $\Rightarrow$  *Поиск решения* программы Excel. В результате минимизации получены следующие оценки параметров:  $a = 1,000003$ ,  $b = 0,999998$ .

Предлагаемый подход может быть применён и для оценки параметров других уравнений регрессий, в том числе и линейных.

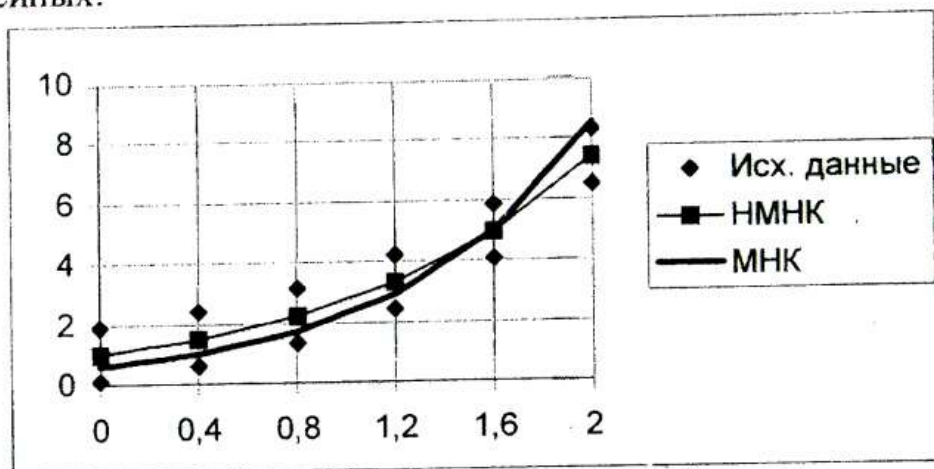


Рис. 1. Экспоненциальные кривые, найденные по МНК и НМНК

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лук'яненко І. Г., Краснікова Л. І. Економетрика: Підручник. – К.: Тов. "Знання", КОО, 1998. – 494 с.
2. Наконечний С. І., Терещенко Т. О., Романюк Т. П. Економетрія: Підручник. – Вид. 2-ге. – К.: КНЕУ 2000. – 296 с.
3. Толбатов Ю. А. Економетрика: Учбовий посібник. – К., Четверта хвиля, 1997. – 320 с.

## ЗАДАЧІ З ПАРАМЕТРАМИ

Мартиненко О.В., Голод Т.В. (Сумський державний університет ім. А.С.Макаренка)

Розв'язування задач з параметрами забезпечує узагальнення і систематизацію отриманих знань, формує в учнів уміння досліджувати різного роду функції, сприяє засвоєнню їх властивостей, розвиває гнучкість та критичність мислення. Але, як показує досвід, саме вони становлять найбільшу трудність для учнів як у логічному, так і в технічному плані.

Задачі з параметрами вимагають вдумливого і всебічного дослідження, оскільки потрібно знайти всі можливі значення параметра, при яких вони мають розв'язок. Спроба негайно

розв'язати таке завдання шляхом лише формальних перетворень досить часто призводить до суттєвих помилок, адже нехтування логічними міркуваннями або невміння виконувати аналіз задачі не дозволяє дослідити всі можливі ситуації. Наявність параметра фактично додає ще одне невідоме в умову задачі (рівняння, нерівність, систему рівнянь, нерівностей та ін.), тому саме такі задачі сприяють формуванню в учнів різноваріантності, повноти і винахідливості мислення. Вони дозволяють також глибше з'ясувати суть функціональної залежності.

Складність задач з параметрами обумовлюється і тим, що, як правило, разом із зміною параметра змінюються не лише коефіцієнти, але і ряд інших характеристик. Зокрема, може змінюватися степінь рівняння або нерівності, область допустимих значень та ін.

При розв'язуванні задач з параметрами часто доречним є звертання до графічного методу. Розглянемо приклад застосування графічного методу при розв'язуванні задачі.

При якому значенні параметра  $a$  рівняння

$$ax = |x + 2|$$

(1)

не має розв'язків?

Спочатку розв'яжемо рівняння відносно параметра  $a$ :

$$a = \frac{|x + 2|}{x}$$

(2)

(Зауважимо, що  $x = 0$  не є розв'язком рівняння (1).)

В прямокутній декартовій системі координат побудуємо графік функції (2), розглядаючи вісь ординат як вісь параметра  $a$ .

Оскільки

$$a = \begin{cases} \frac{x+2}{x}, & x \geq -2 \\ -\frac{x+2}{x}, & x < -2 \end{cases}, \quad \text{то} \quad a = \begin{cases} 1 + \frac{2}{x}, & x \geq -2 \\ -1 - \frac{2}{x}, & x < -2 \end{cases}$$

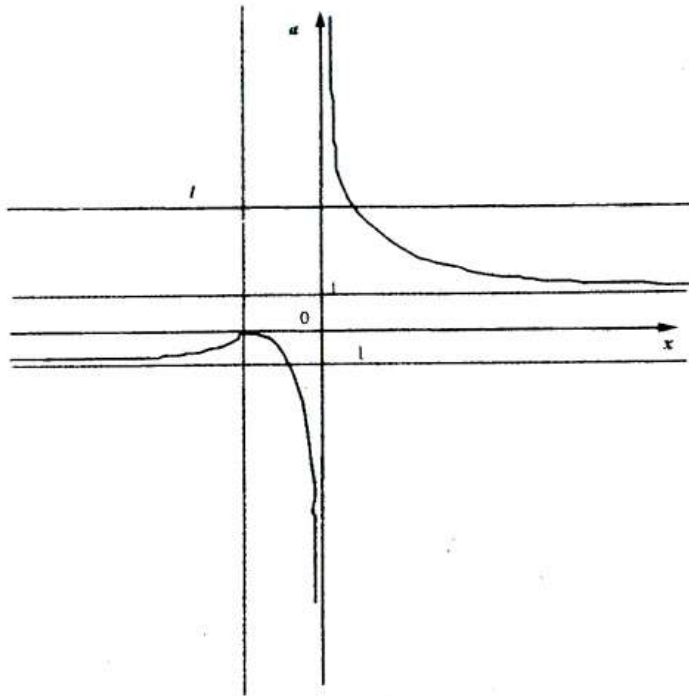


рис. 1

Отже, графік функції (2) складається з відповідних частин гіпербол  $a = 1 + \frac{2}{x}$ ;  $a = -1 - \frac{2}{x}$  (рис. 1).

Побудуємо пряму  $l$ , яка визначається рівнянням  $a = a_0$ . При зміні значень  $a_0$  пряма  $l$  буде рухатись паралельно осі  $x$ .

Якщо  $0 < a \leq 1$ , то точок перетину прямої  $l$  з графіком функції (2) не існує. Отже,  $0 < a \leq 1$ .

Підсумовуючи, виділимо деякі характерні особливості розв'язування задач з параметрами:

1. Параметр – фіксоване, але невідоме число.
2. Розв'язати рівняння, нерівність, систему з параметром – означає для кожного допустимого значення параметра знайти множину всіх коренів даного рівняння, множину всіх розв'язків даної нерівності, системи.
3. Основний принцип розв'язування задачі з параметром полягає у необхідності розгляду різних випадків в залежності від певних значень параметра.
4. Відповідь до задачі з параметром формується у вигляді списку проміжку зміни параметра з поданням для кожного проміжку розв'язків задачі.

## КОСОСИММЕТРИЧНАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ СЛОЯ, ОСЛАБЛЕННОГО ОТВЕРСТИЕМ

Ложечник С.Л.

В различных областях машиностроения используются массивные конструкции, которые работают в условиях динамического нагружения. Выход из строя конструктивных элементов, работающих в условиях интенсивных деформаций, в большинстве случаев вызван разрушением пьезоэлементов. Причина этого - наличие дефектов материала.

Рассматривается пространственная кососимметричная задача электроупругости для изгибающегося пьезокерамического слоя, ослабленного сквозным криволинейным отверстием. Здесь используется полуобратный метод Воровича, при котором решение состоит из суммы трёх: бигармонического, потенциального и вихревого.

Получена система интегральных уравнений, где неизвестными функциями являются плотности, с помощью которых находятся напряжения в любой точке слоя.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОБЩЕНАУЧНОЕ ПОНЯТИЕ

Швырков А.И.

Существуют такие понятия, которыми пользуется не одна какая-то наука, даже не несколько родственных или взаимоподчинённых наук, а большое количество совершенно независимых и по видимости совершенно друг с другом не связанных наук. Как известно, такие понятия называются *общенаучными*. К таким понятиям, в частности, относится понятие *моделирования*.

Однако то, что некоторым понятием пользуются многие науки, отнюдь не означает, что существует сколько-нибудь удовлетворительное *общее определение* этого понятия. В каждой области оно может иметь своё значение, объём и смысл. Для каждой области может существовать своё собственное его

определение. Причём все эти определения могут в значительной степени отличаться друг от друга. Наконец, то, что некоторое понятие является общенаучным, отнюдь не означает, что *все* его конкретно-научные определения являются *частными случаями* некоего общего определения, не означает, что такое определение существует вообще.

Всё вышесказанное, очевидно, справедливо и для моделирования, модели. Хотя для каждой конкретной науки понятие моделирования имеет вполне конкретный смысл, является вполне *функциональным*, все попытки выработать более общее, чем с точки зрения каждой конкретной науки представление о моделировании, все попытки дать *общее определение* моделирования, часто приводят к чему-то неопределённому, расплывчатому и прямо скажем, малоудовлетворительному. С *таким* понятием моделирования становится просто *трудно работать*.

Вероятно, причина этого состоит в том, что в решении этого вопроса мы изначально движемся *снизу*, рассматриваем частные – как мы считаем, а *rigor* предполагая наличие общего – случаи определения моделирования, надеясь *отвлечь* от них его общее определение. Однако не исключено, что такое *отвлечение* в принципе не возможно, поскольку все «частные» случаи моделирования на самом деле считаются таковыми не потому, что у них у всех действительно есть нечто *существенно общее*, а лишь благодаря «сетке частично совпадающих и пересекающихся сходных свойств» [1, с. 72].

Вообще, видимо было бы полезно ответить на следующий вопрос: кому необходимо общее определение модели, моделирования. Нужно ли оно конкретным наукам или оно нужно философии. Для первых оно, вероятно, не очень важно, поскольку в каждой из них есть своё вполне устоявшееся представление о моделировании. Остаётся философия. Однако что философии делать с таким определением? Общенаучное понятие в лучшем случае может стать *предметом* философского анализа, однако не его *инструментом*. Для этого у философии есть свои, *философские* понятия.

Происхождение философских понятий либо вообще сокрыто от нас, либо уходит своими корнями так далеко в прошлое, что про то, каково оно уже никто не помнит. Определяя философские понятия, мы, как правило, идём не *снизу*, не через *индукцию*, а *сверху*, через *дедукцию*. Принципиальная, изначальная неконкретность философских понятий делает их максимально приспособляемыми к конкретному, легко адаптируемыми к множеству частных случаев. Именно в этом состоит их главное достоинство.

В то же время с философской точки зрения, для философии эти понятия вполне определены, вполне конкретны.

В настоящее время мы наблюдаем тенденцию к *кооперации* наук, выработке общенаучных понятий. Однако мы вряд ли когда-нибудь сможем наблюдать, как науки *заменяют* философию, полностью вытеснят её за границы сферы познавательных интересов, сравнятся с нею по объёму и широте охвата проблем. Точно так же общенаучные понятия вряд ли когда-либо смогут заменить понятия философские. Между областью философии и областью науки всегда будет сохраняться разрыв, преодолеть который можно будет только *скачкообразно*. Здесь никогда не будет *непрерывного перехода*. Мы можем рассматривать понятие моделирования как общенаучное, однако от этого оно не становится философским. «Легально» же войти в философию то или иное понятие, в том числе и понятие моделирования, может только одним способом. А именно, когда существует такое философское понятие, по отношению к которому данное понятие может рассматриваться как некий *частный случай*. Интересно отметить, что подобную «операцию», осуществил еще М. Вартофский, введя понятие *репрезентации* [1].

### Литература

1. Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1988. – 507 с.
2. Кун Т. Структура научных революций: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.



## **НЕКЛАССИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕРМОУПРУГОСТИ ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ ТЕЛ.**

Л.А. Фильштинский

Рассматривается гиперболическая модель теплопроводности для изотропного и анизотропного кусочно-однородного слоя. Определяются волновые поля температуры при действии кратковременного теплового импульса высокой интенсивности.

Рассматривается связанная задача термоупругости с учетом конечной скорости распространения тепла для многосвязного цилиндрического тела. С анализом полученных результатов обсуждаются неклассические модели теплопроводности и термоупругости.

## **НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЛОЯ С ПОЛОСТЬЮ**

Ю.Д. Ковалев

В работе рассматривается кососимметричная задача о напряженном состоянии слоя, ослабленном несколькими концентраторами напряжений при скользящей заделке его торцов. Краевая задача сведена к бесконечной системе сингулярных интегральных уравнений второго рода. Получены выражения для напряжений, характеризующих напряженное состояние слоя, ослабленного концентраторами напряжений. На базе построенного аналитического алгоритма проведен численный эксперимент, результатом которого является обширный графический материал, представляющий новые количественные и качественные знания о концентрации напряжений в зависимости от геометрических параметров концентраторов напряжений и коэффициента Пуассона материала слоя.

## **О МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ**

Ю.В. Шрамко

Решение важнейших задач, стоящих перед наукой и промышленностью по повышению надежности, снижению материалоемкости конструкций и сооружений тесным образом связано с разработкой и использованием композитных материалов (КМ). Поиск новых сочетаний компонентов в композитах, направленный на получение необходимых качеств, приводит к расширению спектра структур материалов и увеличению фазности (количества армирующих матрицу включений). В связи с этим, для разработки эффективного метода проектирования состава и структуры КМ, обеспечивающих заданные макроскопические свойства изделий из этих материалов, необходимы аналитические соотношения, описывающие

зависимость макросвойств КМ от геометрических параметров и физико-механических свойств компонентов.

В данном докладе, для построения модели волокнистых пьезокерамических и ферромагнитных композитов, привлекается метод регулярных структур. Приводятся результаты расчетов.

### **ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА ЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО СЛОЯ, ОСЛАБЛЕННОГО ТУННЕЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ.**

Л.В. Шрамко

Исследовано напряженное состояние пьезокерамического слоя, ослабленного сквозной туннельной неоднородностью, поперечное сечение которой – гладкий замкнутый контур. Торцы слоя покрыты диафрагмой, жесткой в своей плоскости и гибкой в перпендикулярном направлении. На боковой поверхности полости действует вектор напряжения, полость заполнена вакуумом, а на бесконечности действует однородное поле растяжения и сдвига. Рассмотрено кососимметричное относительно срединной плоскости слоя электроупругое состояние. Интегральные представления решений построены на основании соответствующих Ф-ешений [1]. Граничная задача электроупругости сведена к системе сингулярных интегральных уравнений. Произведен расчет относительного тангенциального напряжения на контуре полости кругового поперечного сечения при действии на контуре полости нормальной нагрузки.

#### **Литература**

1. Фильштинский Л.А., Шрамко Л.В. Фундаментальные решения для пьезокерамического слоя в  $R^3$  (кососимметричный случай, смешанные граничные условия) // Теоретическая и прикладная механика, Харьков, 2003, № 38, с. 53-58

### **ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ (КОСОСИММЕТРИЧНЫЙ СЛУЧАЙ).**

А.В. Бондарь

В работе построено точное решение динамических осесимметричных задач связанной термоупругости с учетом конечной скорости распространения тепла для изотропного слоя с круговым отверстием (внешняя задача) и кругового цилиндра конечной длины (внутренняя задача) при скользящей заделке их торцов. Точное решение получено с использованием однородных решений, построенных в [1]. В качестве характеристики термоупругого состояния слоя либо цилиндра приводится относительное окружное

напряжение, которое записывается в аналитическом виде и представляет собой бесконечный ряд по соответствующим цилиндрическим функциям. На основе построенного аналитического алгоритма получены численные результаты, представленные в виде зависимостей амплитудно-частотных характеристик модуля относительного окружного напряжения от относительного волнового числа  $\gamma_1 R$  при различных геометрических и физических параметрах задачи.

#### Литература

1. Фильштинский Л.А., Бондар О.В. Зв'язані термопружні поля в шарі при зосереджених збудженнях (кососиметричний розв'язок). // *Машинознавство* – 2004, № 6. – с. 30 – 38.

### **СВЯЗАННАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ СЛОЯ С ТУННЕЛЬНЫМ ОТВЕРСТИЕМ**

Н.А. Молдаванова

В работе рассмотрена пространственная динамическая задача связанной термоупругости для упругого слоя с цилиндрической круговой полостью с учетом конечной скорости распространения тепла. На базе ранее построенной полной системы однородных решений связанной задачи термоупругости для слоя при смешанных граничных условиях на его основаниях (симметричный случай) решения граничной задачи найдены в виде рядов по полным системам соответствующих метагармонических функций от специальных аргументов. Таким образом, исходная граничная задача сведена к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений. Получено точное решение задачи связанной термоупругости для кругового цилиндра и слоя с полостью. Исследована зависимость величин амплитуд напряжений  $S_{ij}$  от физико-механических свойств материала. Изучено влияние связанности механических и тепловых полей на напряжения, возникающие в теле.

### **СПЕКТР ПОЛОГО ТОЛСТОСТЕННОГО ЦИЛИНДРА В СЛУЧАЕ СИММЕТРИЧНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Д.В. Кушнир

Рассматривается конечный толстостенный цилиндр из изотропного материала, совершающий упругие колебания под действием приложенных к его боковым поверхностям гармонически изменяющихся во времени сил. На торцах цилиндра приняты однородные граничные условия смешанного типа. С использованием Ф-решений соответствующая граничная задача теории

упругости сведена к системе сингулярных интегральных уравнений хорошо изученного типа.

Были получены амплитудно-частотные характеристики касательного перемещения на боковых поверхностях от частоты возбуждения при симметричном, относительно срединной плоскости, кручении цилиндра. Расчеты проводились для цилиндров с различными размерами и для нескольких значений коэффициента Пуассона.

## **ДЕЙСТВИЕ ТЕПЛОВОГО ИМПУЛЬСА В АНИЗОТРОПНОМ СЛОЕ С ТУННЕЛЬНОЙ ПОЛОСТЬЮ**

Т.А. Киричек

В работе рассмотрена задача гиперболической теплопроводности для анизотропного слоя, содержащего сквозную туннельную полость. Предполагается, что тепловые волны возникают вследствие импульсного нагрева поверхности полости. Граничная задача сведена к счётной системе интегральных уравнений.

Показано, что нестационарная теплопроводность, описываемая уравнением Фурье, — это диффузионный процесс, характеризующий установление равновесия в системе. В случаях, когда характерный временной масштаб процесса сравним со временем релаксации системы к термодинамическому равновесию, термическое возмущение распространяется подобно бегущей волне, т.е. присутствует запаздывание теплового сигнала. Интенсивность температурных изменений в слое увеличивается при уменьшении длительности импульсного нагрева.

## **АНТИПЛОСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ УПРУГОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ С ОТВЕРСТИЯМИ.**

В.Н. Кобзарь

Проектирование конструкций из композитных материалов требует совершенствование методов анализа напряженного состояния в анизотропных телах. В предлагаемом докладе рассматривается задача о концентрации напряжений в анизотропном массиве с туннельными отверстиями.

Рассматривается отнесенная к декартовым прямолинейным осям  $0x_1x_2x_3$  неограниченная упругая анизотропная среда, ослабленная туннельными вдоль координаты  $x_3$  полостями, поперечные сечения которых ограничены простыми замкнутыми контурами  $\Gamma_j$  ( $j = \overline{1, N}$ ). Предполагается, что на контурах отверстий действует вектор напряжения  $(0, 0, X_n^{(j)})$ , а на

бесконечности задано равномерное поле сдвиговых напряжений  $\langle \sigma_{13} \rangle$ ,  $\langle \sigma_{23} \rangle$ . Задача заключается в определении тангенциального окружного напряжения  $\sigma_\theta$  на контурах отверстий.

Рассматриваемая граничная задача сводится к системе сингулярных интегральных уравнений, которая решается численно методом механических квадратур.

Предлагаются результаты расчета.

## ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА

Стативка Е.Н.

В данной работе продолжены исследования сопряженных электромеханических полей в пьезоактивном неоднородном цилиндре конечной длины, при скользящей заделке его торцов и отсутствии на них электростатического потенциала. Рассматривается неоднородный пьезокерамический цилиндр конечной длины  $-h \leq x_3 \leq h$ , представляющий собой полый пьезокерамический цилиндр в который без предварительного натяжения вклеено или впаяно цилиндрическое включение той же толщины, но изготовленное из другого пьезокерамического материала. При этом направляющие цилиндрических поверхностей представляют собой круговые контуры  $L_j$  ( $j=1,2$ ).  $L_1$  - направляющий контур цилиндрической поверхности, ограничивающей неоднородный цилиндр, а  $L_2$  - направляющий контур поверхности спая полого цилиндра и включения. На границе неоднородного цилиндра действует поверхностная нагрузка  $(N, T, Z, D_n)$ . Здесь  $N, T, Z$  - нормальная и касательные компоненты вектора напряжения,  $D_n$  - нормальная компонента вектора электрической индукции. Граничные условия на основаниях цилиндра  $x_3 = \pm h$  имеют вид:  $u_3 = 0, \sigma_{13} = 0, \sigma_{23} = 0, \varphi = 0$ . Точное решение осесимметричной задачи электроупругости для неоднородного кругового цилиндра получено методом рядов.

## СТАТИЧЕСКИЕ И СТАЦИОНАРНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ПОЛЯ В КУСОЧНО-ОДНОРОДНЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ТЕЛАХ

Сушко Т.С.

Работа посвящена решению новых статических и стационарных динамических граничных задач электроупругости для бесконечных составных пьезокерамических тел. Развита методы исследования локальных свойств электроупругих полей в окрестности вершины составной и

однородной клиновидной области для различных типов механических и электрических граничных условий на внешних гранях клина.

Метод сингулярных интегральных уравнений развит на задачи электроупругости для составных пьезокерамических тел, ослабленных концентраторами напряжений. Получены решения новых граничных задач и установлены закономерности распределения сопряженных электроупругих полей в окрестности неоднородностей в зависимости от геометрических параметров, свойств материалов, составляющих композицию, типов механического и электрического нагружения.

Рассмотрены двумерные сингулярные задачи электроупругости для составных и однородных пьезокерамических клиньев, находящихся в условиях плоской и антиплоской деформации. Получены характеристические уравнения для определения порядков степенных особенностей. Построены функции Грина, характеризующие сопряженные электроупругие поля в составном пьезокерамическом клине при действии сосредоточенных сдвигающих усилий или электрических зарядов.

Построено фундаментальное решение динамических уравнений электроупругости соответствующих гармоническим колебаниям составного пьезокерамического пространства, находящегося в условиях антиплоской деформации.

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРУГЛОЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО ИЗОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧАСТКОМ НЕПРОКЛЕЯ**

Верещака С.М., Жигилий Д.А.

При изготовлении и эксплуатации многослойных конструкций из композиционных материалов (КМ) на границах контакта сопряженных слоев происходит образование тонких неоднородных межфазных прослоек, различного рода структурных несовершенств, например, участков непрочности или отслоений. Традиционно используемое в расчетных моделях предположение о непрерывности перемещений и напряжений при переходе через границу контакта сопряженных слоев оказывается существенно нарушенным. Учет такого рода несовершенств приводит к решению задачи о контактном взаимодействии между жесткими слоями оболочки, когда зона контакта неизвестна. В этой связи разработка новых математических моделей и методов расчета слоистых конструкций со структурными несовершенствами на прочность и устойчивость является актуальной проблемой.

Разработка теории и методов расчета на прочность и устойчивость многослойных пластин и оболочек с учетом структурных несовершенств, а так же экспериментальная проверка полученных результатов может производиться по следующим направлениям:

1 развитие теории многослойных оболочек и оценка влияния сил контактного взаимодействия в зоне участков непрочности на напряженно-деформированное состояние, как в целом всей многослойной конструкции, так и ее отдельных слоев;

2 проведение экспериментальной проверки полученных результатов;

З создание на основе методов нелинейного программирования и теории вероятности методик оценки влияния структурных технологических несовершенств композитов на конструкционную прочность оболочек с целью их дальнейшего использования в практических расчетах.

В докладе предлагается вариант расчета двухслойной трансверсально изотропной круглой пластинки, состоящей из двух жестких слоев. Контакт слоев осуществляется при помощи клеевой прослойки. Допускается, что на некотором локальном участке пластинки или оболочки клеевая прослойка отсутствует, поэтому в этой области учитывается односторонний контакт между жесткими слоями. Задача решается на основе геометрически нелинейной теории пластин и оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига и при помощи программного комплекса ANSYS 8.0, реализующего МКЭ.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена установка, схема которой показана на рис. 1. Установка позволяет испытывать пластинки при действии равномерного давления.

Прогибы пластинки измерялись при помощи индикаторов часового типа с точностью до 0,01 мм.

Для измерения деформаций использовались тензорезисторы КФ4П1-3-200. Точки наклейки тензорезисторов на испытываемые пластинки показаны на рис. 2.2 – 2.4. Среднее значение коэффициента тезочувствительности равно –  $K = 2,0 \cdot 10^{-6}$ . Наклейка тензорезисторов осуществлялась согласно инструкции по наклейке АЖВ2.782.001 ТО. Для измерения выходных сигналов тензорезисторов и представления отсчетов в цифровом виде использовалась измерительная система СИИТ-3.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать



следующие выводы: математическая модель многослойных пластин и оболочек, когда контакт между жесткими слоями осуществляется при помощи мягкой клеевой прослойки, позволяет учитывать влияние дефектов структуры материала в виде участков непрочлея. При этом на границе участка непрочлея имеет место краевой эффект,

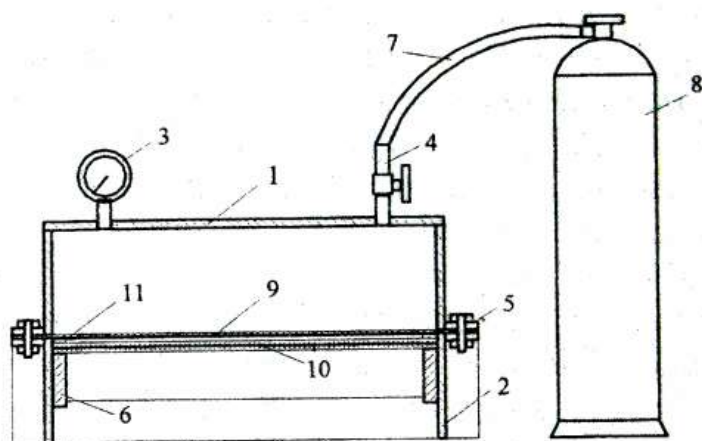


Рисунок 1 – Испытательная установка для экспериментальных исследований изгиба пластин из композиционных материалов при действии равномерно распределенной нагрузки: 1 - крышка, 2 – подставка, 3 - манометр, 4 – переходной кран, 5- фланцы, 6 - опорный столик, 7- соединительный шланг, 8 - баллон, 9 - эластичная прокладка, 10- исследуемая пластинка, 11- съёмная нажимная пластина.

протяженность зоны которого не превышает двух толщин пластинки. Величину изменения продольных напряжений в жестких слоях оболочки на границе участка непрочлея в значительной мере определяется длиной участка непрочлея. Кроме того, на границе непрочлея в клеевом

слое возникают значительные напряжения трансверсального обжатия.

Проведенные испытания трансверсально изотропных пластинок из стеклопластика показали существенную зависимость напряженно-деформированного состояния такого рода конструкций от условий закрепления. Отмечается, что при отношении прогиба пластинки к ее толщине порядка единицы традиционная линейная теория анизотропных пластин и оболочек дает приближенные результаты, особенно, в зонах краевых эффектов.

Анализ представленных графиков подтверждает выводы, что принятая математическая модель анизотропных оболочек в значительной степени определяет численные результаты проводимых исследований. В случаях больших прогибов при изгибе пластин используемая в работе геометрически нелинейная теория многослойных пластин и оболочек качественно верно отражает работу таких систем и дает вполне приемлемые результаты.

### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОР В ДВУХОПОРНОЙ БАЛКЕ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ**

Болдырев Е.И.

При изгибе балок важное значение приобретает оптимальное расположение опор, если к этому нет препятствий по производственным или другим соображениям. От их правильного размещения зависит не только прочность но и жесткость балки.

В настоящей работе рассматривается двухопорная балка с равномерно распределенной нагрузкой, в которой одна опора является подвижной, а другая – зафиксирована в крайнем положении.

Оптимальное расположение подвижной опоры с точки зрения прочности, будет иметь при  $x = 0,3 \ell$ .

В этом случае напряженное состояние уменьшается по сравнению с однопролетной балкой без консоли в 11 раз.

Оптимальное расположение подвижной опоры с точки зрения жесткости определялось с использованием метода начальных параметров. В результате было получено следующее значение длины консоли  $x = 0,33 \ell$ .

Максимальный прогиб при этом уменьшится в несколько раз по сравнению с однопролетной балкой.

Таким образом, оптимальное расположение опор балки в конечном счете приводит к существенной экономии материала при выполнении условия прочности и жесткости.

## К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВУХОПОРНЫХ БАЛОК

Супрун А.В.

Сравнивается два варианта балок с точки зрения их прочности и жесткости. В первом варианте рассматривается обычная однопролетная балка длиной  $\ell$  с равномерно распределенной нагрузкой  $q_1$ . Во втором варианте рассматривается та же балка, но с двумя нависающими консолями длиной  $a$ , и с равномерно распределенной нагрузкой  $q_2$  на этих консолях.

Соответствующий анализ позволил получить оптимальное значение длины консоли из условия прочности

$$a = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}.$$

Оптимальная длина консоли из условия жесткости имеет вид  $a = 0,224 \ell$ .

При такой длине консоли наибольший прогиб балки составит  $0,00095 \frac{q\ell^4}{EI}$ , что меньше прогиба бесконсольной балки в 13,7 раза. Связано это с тем, что длина балки входит в формулу прогиба в четвертой степени.

Поэтому, например, при уменьшении длины балки в 2 раза прогиб балки уменьшается в 16 раз.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ С НАВИСАЮЩЕЙ КОНСОЛЬЮ**

Вороненко В.И., Любченко К.Ю.

Проведено исследование деформаций двухопорной балки с нависающей консолью под действием сосредоточенных сил, приложенных к середине пролета и на конце консоли. Необходимо было найти рациональное расположение шарнирно-подвижной опоры из условия удовлетворения условий прочности и жесткости.

Проведенный анализ показал, что для выполнения условия прочности длина консоли должна равняться

$$x = 0,143 \ell,$$

для выполнения условия жесткости

$$x = 0,184 \ell.$$

Определение прогибов было получено с использованием универсального уравнения упругой линии. Из уравнения двух прогибов (в центре и на конце консоли) найдено рациональное расположение шарнирно-подвижной опоры.

Результаты теоретического расчета была проверены экспериментально на специальной установке, представляющей собой двухопорную балку с двумя гирьевыми подвесами, которые могут перемещаться по длине исследуемой балки. Прогибы определялись двумя индикаторами часового типа с ценой деления 0,01мм. Степень нагружения равнялась 1кГ.

Расхождение между теоретическими и экспериментальными результатами составило 2,5%.

### **О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ОПОР В ДВУХПРОЛЕТНОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БЕЛКЕ**

Обухов А. А.

С точки зрения экономии материала имеет существенное значение правильное размещение опор балок. Это относится как к статически определимым, так и к статически неопределимым балкам.

В двухпролетной статически неопределимой балке приходится иметь дело с тремя различными моментами. Чтобы балка имела наименьшее сечение, постоянное по всей длине, необходимо добиться равенства двух наибольших моментов из трех указанных.

Проведенный анализ показал, что наименьшее значение максимальных изгибающих моментов будет получаться при длине консолей, равных  $0,408 \ell$ ; при этом максимальный изгибающий момент будет равен  $\frac{ql^2}{12}$ .

Для двухпролетной балки без консолей той же длины  $(0,408 \ell \cdot 2 + 2 \ell)$  наибольший изгибающий момент будет в сечении над средней опорой и равен  $\frac{ql^2}{4}$ .

Таким образом, введение двух консолей в этом случае позволяет уменьшить расчетный момент в 3 раза.

### **О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ОПОР В ТРЕХПРОЛЕТНОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКЕ**

Лемак В.

Рассматривается рациональное размещение опор в трехпролетной неразрезной балке без консолей, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

Задача эта является дважды статически неопределимой, поэтому приходится решать систему двух канонических уравнений. Однако из-за симметрии изгибающие моменты на двух опорах совпадают, что существенно упрощает решение задачи.

Из условия равенства максимальных изгибающих моментов на всех трех участках получено наивыгоднейшее размещение опор, которое оказалось равным  $0,8 \ell$  на двух кратних пролетах и  $\ell$  на среднем.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ СДВИГА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КРУЧЕНИИ КРУГЛОГО ВАЛА**

Нестеров О.Н., Мороз Р.П.

В инженерной практике часто встречаются деформации кручения. Это валы машин и трансмиссионных передач, элементы пространственных конструкций, витые пружины и др.

Целью настоящей работы явилось изучение зависимостей между нагрузкой и деформацией при кручении с определением модуля упругости второго рода (модуль сдвига).

Гогласно ГОСТ 3565-80 для испытания металлов на кручение применялись нормальные образцы круглого поперечного сечения диаметром рабочей их части 20 и расчетной длины 180 мм. Угол поворота одного сечения образца по отношению к другому измеряли с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. Испытания проводили на машине КМ-50.

Как показали экспериментальные исследования, пропорциональна зависимость между крутящим моментом и углом закручивания наблюдалась только для стального образца. Для чугунного образца эта зависимость нарушалась.

Полученные экспериментальные значения модулей сдвига сравнивались с расчетными модулями, полученными по формуле

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)},$$

где  $E$  - модуль упругости первого рода, взятый из справочника;

$\mu$  - коэффициент Пуассона

## **ОБ АНАЛИЗЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНИЧЕСКИХ БАЛОК**

Воловиков Ю.А. (колледж)

В балках постоянного сечения максимальные нормальные напряжения всегда возникают в сечении с максимальным изгибающим моментом. Однако в случае балок переменного сечения эта закономерность может не соблюдаться.

В данном сообщении рассмотрен случай конической балки. Получено выражение для максимального нормального напряжения.

Проанализировано влияние конусности на расположение сечения с максимальными напряжениями.

Рассмотрен также случай оптимизации размеров сечений балки.

### **О РАСЧЕТЕ КОМПОЗИТНЫХ БАЛОК**

Зброжек В.О. (колледж)

В сообщении рассматривается расчет двухслойной балки с несимметричным расположением слоев при чистом изгибе. Учитывается линейное распределение деформаций по высоте сечения. Из условия равенства нулю осевой силы в сечениях балки определяется положение нейтральной линии. На основе соотношений между напряжениями и изгибающими моментами получены выражения напряжений для рассматриваемого случая изгиба двухслойной балки.

Рассмотрен численный пример расчета двухслойной балки с несимметричным расположением слоев, для которой проанализировано напряженное состояние в сечениях.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ШАРНИРНЫХ БАЛКАХ С ПОМОЩЬЮ ПОСТРОЕНИЯ ПОЭТАЖНОЙ СХЕМЫ**

Вороненко В.

В работе рассмотрены 3 расчетные схемы балок, нагруженные внутренними силовыми факторами,  $q$ ,  $F$ . Построены поэтажные схемы с применением: основной балки, передаточной и подвесной. Определены опорные реакции. Строились эпюры внутренних силовых факторов –  $Q$  – поперечной силы и  $M$  – изгибающего момента.



Затем анализировались ординаты  $M$  в пролете и на опоре. Рассмотрено решение о перемещении опор, шарнирно-подвижных, навстречу друг другу и наоборот с целью выравнивания ординат эпюры  $M$  и создания равномоментной балки.

В заключении работы давался алгоритм рассмотрения данной темы.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СМЫСЛА 1,2 ПРОИЗВОДНОЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В БАЛКАХ И РАМАХ**

Ратушный А.

Решены 4 задачи: статически определимых балки, рамы, для которых построены эпюры внутренних силовых факторов -  $Q$  - поперечной силы,  $M$  - изгибающего момента,  $N$  - продольной силы. Выполнены статические проверки узлов рамы.

При построении эпюр использовалась теорема Д.И. Журавского о взаимосвязи внутренних силовых факторов - ( $q$  - распределенной нагрузки, и внутренних силовых факторов ( $Q, M$ ) с учетом геометрического смысла I и II производной, а также теорема Лагранжа, где определялись выпуклость и вогнутость кривой при определении производной.

## **ВАРИАНТ ИЗЛОЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ ВИДОВ ДЕФОРМАЦИЙ В БЛОКОВОЙ ФОРМЕ**

Никоненко А.

Рассмотрены 4 типа сложных видов деформаций: косой изгиб, внецентренное сжатие, изгиб с растяжением и изгиб с кручением.

При рассмотрении каждого сложного вида деформации предложено вначале решить статическую задачу т.е. определение внутренних силовых факторов с учетом принципа суперпозиции. Далее рассматривалась физическая задача по определению напряжений, построение эпюр, нахождении опасных сечений и решения различных типов задач исходя из условий прочности. В следующем блоке решалась геометрическая задача по определению линейных и угловых перемещений.

Давался синтез всех 3 типов задач.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ**

Любченко К.

Решались 2 задачи по определению линейных и угловых перемещений с помощью интеграла Мора. Перемещения определялись в середине пролета и на опоре. В случае определения линейного перемещения (при построении единичной эпюры  $M_1$ ) в точке прикладывалась единичная сила, углового, прикладывался единичный момент. Интеграл Мора вычислялся с помощью правила Верещагина. Затем с помощью табличных значений с учетом принципа суперпозиций вычислялись значения прогибов в тех же точках, что и вышеприведенным способом. Проводился анализ решения.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ ОСИ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ АРКИ**

Покутний М.

Для данной схемы загрузки, изменяя высоту  $H$  строились эпюры внутренних силовых факторов –  $Q$ –

поперечної сили,  $M$ -ізгибаючого моменту,  $N$ -продольної сили. Предварительно определялись координаты характерных точек на оси арки, где вычислялись значения  $Q$ ,  $M$ ,  $N$ . Сопоставлялись результаты вычисленных ординат эпюр, давался вывод о рациональном очертании оси арки.

Для большей наглядности дана аксонометрия.

## **ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР $Q$ , $M$ , $N$ В КОНСОЛЬНОМ КРУГОВОМ СТЕРЖНЕ**

Корниенко К.

Изменяя высоту  $H$  для данной схемы загрузки консольного кругового стержня были построены эпюры  $Q$ ,  $M$ ,  $N$ .

Определялись координаты на кривой с градацией угла в  $30^\circ$ . Поскольку было рассмотрено 3 задачи: проводилось сопоставление значений эпюр внутренних силовых факторов, выбирался самый оптимальный вариант загрузки.

Дана аксонометрическая схема кругового стержня.

## **ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ УГЛА НАКЛОНА**

Липовая Т.

Рассматривая статически определимую балку, вначале определялись опорные реакции  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $H_B$ .

Затем строились эпюры внутренних силовых факторов для трех случаев положения балки: горизонтальном и в двух наклонных положениях, где за опоры принимались в начале т.А, затем т.В.

Рассматривались ординаты эпюр, выбирали и анализировали положение опасных сечений.

## **ВАРИАНТ ИЗЛОЖЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ ДЕФОРМАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА**

Тертишный И.

Раздел деформации поперечного изгиба предложен в форме блоков; основными из которых являются:

- дифференциальное уравнение изогнутой оси балки;
- теорема Д.И.Журавского о зависимости интенсивности внешней нагрузки  $q$  от внутренних силовых факторов ( $Q, M$ );
- построение эпюр  $Q, M$ ;
- вывод формулы нормальных напряжений;
- вывод формулы касательных напряжений;
- определение линейных и угловых перемещений;
- условие прочности;
- типы задач при расчете на прочность.

В работе дается краткий анализ каждого блока.

## **ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ, ВНЕСШИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ**

Гордиенко Ю.

Галилео Галилей	Роберт Гук	Дмитрий Журавский	Иван Бубнов
Принципы относительного движения	Закон о взаимосвязи деформации и силе	Основы теории расчета сквозных ферм, подбор сечений	Основы расчета кораблей повышающих их

			прочность и жесткость
Равновесие тела, движущегося по наклонной плоскости		Вывод формулы касательных напряжений при деформации поперечного изгиба	
Подбор сечений элементов, работающих на деформацию поперечного изгиба			

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ КЛЕЕНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ ОПЫТНЫМ ПУТЕМ**

Михалько С

В лаборатории сопротивления материалов, Сумского государственного университета были проведены испытания клееных деревянных балок по определению допускаемой нагрузки.

Цель испытаний – подтверждение опытным путем теоретических расчетов по определению допускаемой нагрузки.

Полученные результаты были сопоставлены с теоретическими. Погрешности в полученных результатах можно связать с анизотропией древесины.

Проводились расчеты по определению прогибов в середине пролета.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В ЛОМАНОМ БРУСЕ, РАБОТАЮЩЕМ НА ДЕФОРМАЦИЮ ОСЕВОГО РАСТЯЖЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОСЛАБЛЕНИЙ**

Булатов С.

При решении данных типов задач рассматривались различные виды ослаблений: симметричные с наружными и внутренними ослаблениями, так и несимметричные.

Используя метод сечений решались: статическая задача по определению  $N$ , физическая задача по определению  $\sigma$  и геометрическая задача по определению  $\Delta l$ .

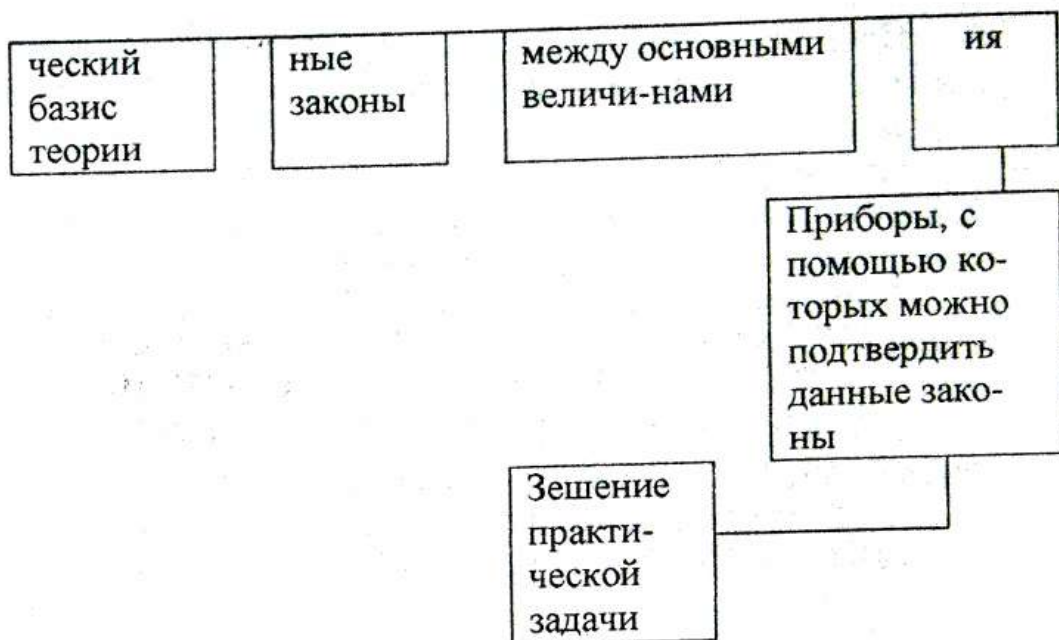
Выполнялся сравнительный анализ этих трех типов задач с точки зрения нахождения опасных сечений.

### **ВАРИАНТ ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ДЕФОРМАЦИЯ ОСЕВОГО РАСТЯЖЕНИЯ»**

Хижняк Т.

Если материал по данной теме свести в отдельные блоки как :

Эмпири-	Основ-	Взаимосвязь	Явлен
---------	--------	-------------	-------



то можно увидеть возможность применения тех или иных методов обучения и, конечно, наличие как прямой так и обратной связи.

Дается краткий анализ каждого блока в отдельности.

### **ПОДБОР СЕЧЕНИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКЕ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА**

Чудопал С.

Рассматривались 3 статически определимых балки, для которых определялись опорные реакции, строились эпюры внутренних силовых факторов - ( $Q$  – поперечной силы,  $M$  – изгибающего момента). Исходя из условия прочности по нормальным напряжениям подбирались сечения из прокатных профилей в форме двутавра и

швеллера. Задаваясь величиною поперечного сечения [6] определялась высота сечения элементов в форме прямоугольника, квадрата, круга. Материал для этих сечений – древесина.

Для всех типов сечений строились эпюры нормальных и касательных напряжений.

### **ПОДБОР СЕЧЕНИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ КОСОГО ИЗГИБА**

Волик Ю.

Задача решалась путем разложения силы на составляющие по оси  $y$  и  $x$ , для получения двух прямых поперечных изгибов. Сечения подбирали в форме двутавра и коробчатого сечения, исходя из условия прочности по нормальным напряжениям. Далее определялись максимальные величины прогибов с использованием табличных значений  $f$ .

Сопоставлялись главные центральные моменты инерции относительно осей  $y$  и  $x$ .

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ И НЕССИМЕТРИЧНЫХ ФИГУР АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Татаринов Б., Крючков С.

Определялись моменты инерции сложных сечений составленных из простых фигур. Сечения рассчитывались как симметричные, так и несимметричные. Сопоставлялись значения  $I_{xc}$  и  $I_{yc}$ , давались соответствующие рекомендации по применению того или иного



сечения, с точки зрения деформации поперечного изгиба, в перспективе нахождения центра изгиба.

### **ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР $N$ , $\sigma$ , $\Delta l$ ДЛЯ ЛОМАНОВОГО МНОГОСТУПЕНЧАТОГО БРУСА, РАБОТАЮЩЕГО НА ДЕФОРМАЦИЮ ОСЕВОГО РАСТЯЖЕНИЯ, СЖАТИЯ**

Бедлинский М.

Рассматривались задачи по загрузению бруса сосредоточенной силой  $F$  приложенной в различных точках, без учета собственного веса. Строились эпюры  $N$ ,  $\sigma$ ,  $\Delta l$ , т.е. рассматривались: статическая, физическая, геометрическая задачи. Затем проводился анализ данных задач.

Определялось опасное сечение.

### **ПОДБОР СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ДЕФОРМАЦИЮ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА**

Дибров Б., Белокур С.

Для расчетных схем элементов, подбирались сечения из прокатных профилей и сечения выполненные в форме квадрата, прямоугольника. Строились эпюры нормальных и касательных напряжений.

Для большей наглядности расчетные схемы, сечения, эпюры строились в аксонометрии.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛКАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ЗАГРУЖЕНИЯ

Стоян Р., Ярошенко Р.

Рассматривалось 18 задач. 6 задач с нагружением равномерно распределенной нагрузкой  $q$ , 6 задач сосредоточенной силой  $F$  и 6 задач сосредоточенным моментом  $M$ . Строились эпюры внутренних силовых факторов –  $Q$  и  $M$  способом «характерных» точек. Находились максимальные значения поперечной силы  $Q_{\max}$  и максимальные значения изгибающего момента  $M_{\max}$ .

Сопоставлялись результаты расчетов.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ДЕФОРМАЦИИ ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ

Томко А.

К рассмотрению предложено 3 элемента нагруженных последовательно силой  $F$ ; в центре тяжести поперечного сечения, на расстоянии  $\ell < \frac{h}{6}$  и растяжении  $\ell > \frac{h}{6}$ .

Визуально просматривались поля деформаций для различных схем нагружения. Далее давался анализ распределения напряжений по поперечному сечению элементов.

Сделаны выводы и даны рекомендации.

## **ВАРИАНТ ИЗЛОЖЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА В БЛОКОВОЙ ФОРМЕ**

Юрко И.

Выбраны несколько блоков: теоретический, где показаны условия равновесия тел, взаимосвязь между  $F_{кр}$ ,  $\ell$ ,  $A$  и т.д. Отдельно показаны явления, взаимосвязь между гибкостью, формой поперечного сечения элемента, его длиной, схемой закрепления и т.д. Отмечены границы применения формулы Эйлера, типы задач при расчете на устойчивость. Даны примеры практических решений задач.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Игнатенко В.М.

Необходимость проведения расчетов термодинамических свойств многокомпонентных газовых смесей определяется потребностью промышленности в технике (в частности, в компрессорах) и технологии для разнообразных производственных процессов.

Расчет термодинамических свойств веществ на основе закона соответственных состояний во многих случаях не обеспечивает достаточной точности. Использование уравнений состояния Битти-Бриджмена, Богомолова-Майера, Загорученко, Редлиха-Квонга и др. [1] возможно, если известны значения индивидуальных коэффициентов компонентов газовой смеси и коэффициентов, учитывающих взаимодействие компонентов. Однако значения этих коэффициентов известны для ограниченного количества веществ.

Метод Ли-Кеслера, основанный на использовании модифицированного уравнения Бенедикта-Вебба-Рубина (БВР), для практического применения требует значительно меньшего объема информации о рассматриваемых веществах. Согласно данному методу термодинамические параметры определяются по формуле

$$A = A^{\circ} + \frac{\omega}{\omega^{\circ}} \cdot (A^{\circ} - A^{\circ}), \quad (1)$$

где  $A$  - рассматриваемый параметр,  $\omega$  - коэффициент ацентричности.

Индексом  $^{\circ}$  обозначаются величины для "основного" вещества, для которого  $\omega = 0$ , а индексом  $^{\circ}$  - для "эталонного" вещества, в качестве которого выбран н-октан,  $\omega^{\circ} = 0,3978$ . По формуле (1) определяются термодинамические параметры, такие, как коэффициент сжимаемости  $Z$ , изотермические поправки к удельной энтальпии  $\Delta i = i^{uo} - i$ , удельной энтропии

$\Delta s = s^{ud} - s$ , изобарной теплоемкости  $\Delta c_p = c_p^{ud} - c_p$  и др.

Модифицированное уравнение БВР имеет вид

$$\frac{p_r}{T_r \cdot \rho_r} = 1 + B \cdot \rho_r + C \cdot \rho_r^2 + D \cdot \rho_r^5 + \frac{c_4}{T_r^3} \cdot \rho_r^2 \cdot (\beta + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \cdot \rho_r^2}, \quad (2)$$

где индекс  $r$  относится к приведенным параметрам состояния рассматриваемого вещества.

$$p_r = \frac{p}{p_{кр}}, T_r = \frac{T}{T_{кр}}, \text{ где } p_{кр} \text{ и } T_{кр} - \text{ критические давление и}$$

температура вещества или псевдокритические параметры газовой смеси. Значения критических параметров более, чем для 400 веществ приведены в [1].

Коэффициенты уравнения (2) определяются по формулам

$$B = b_1 - \frac{b_2}{T_r} - \frac{b_3}{T_r^2} - \frac{b_4}{T_r^3}, C = c_1 - \frac{c_2}{T_r} - \frac{c_3}{T_r^3}, D = d_1 + \frac{d_2}{T_r}. \quad (3)$$

Принимая, что  $\rho_r = \frac{p_r}{Z \cdot T_r}$ , уравнение (2) можно записать в

форме, удобной для вычисления  $Z$  методом последовательных приближений:

$$Z = 1 + B \cdot \frac{p_r}{T_r \cdot Z} + C \cdot \left(\frac{p_r}{T_r}\right)^2 \cdot \frac{1}{Z^2} + D \cdot \left(\frac{p_r}{T_r}\right)^5 \cdot \frac{1}{Z^5} + \frac{c_4}{T_r^3} \cdot \left(\frac{p_r}{T_r}\right)^2 \cdot \frac{1}{Z^2} \cdot \left[ \beta + \gamma \cdot \left(\frac{p_r}{T_r}\right)^2 \cdot \frac{1}{Z^2} \right] \cdot e^{-\gamma \cdot \left(\frac{p_r}{T_r}\right)^2 \cdot \frac{1}{Z^2}} \quad (4)$$

По формуле (4) определяется  $Z^0$  для "основного" вещества, затем  $Z^1$  для "эталонного" вещества и по формуле (1) определяется  $Z$  для рассматриваемого вещества.

Для газовой смеси из  $k$  компонентов с мольной концентрацией  $j$ -го компонента  $r_j$  коэффициент ацентричности

$$\omega = \sum_{j=1}^k r_j \cdot \omega_j, \quad (5)$$

где  $\omega_j$  - коэффициент ацентричности  $j$ -го компонента.

Псевдокритические параметры газовой смеси определяются по формулам:

$$\text{плотность } \rho_{кр} = 8 / \left\{ \sum_i^k \sum_j^k r_i \cdot r_j \cdot (\rho_{кри}^{-1/3} + \rho_{крj}^{-1/3})^3 \right\}; \quad (6)$$

температура

$$T_{кр} = \frac{\rho_{кр}}{8} \cdot \sum_i^k \sum_j^k r_i \cdot r_j \cdot (\rho_{кри}^{-1/3} + \rho_{крj}^{-1/3}) \cdot (T_{кри} \cdot T_{крj})^{1/2}; \quad (7)$$

$$\text{давление } P_{кр} = (0,2905 - 0,085 \cdot \omega) \cdot \rho_{кр} \cdot R \cdot T_{кр}. \quad (8)$$

В уравнениях (6),(7) и (8) критическая плотность  $j$ -го компонента

$$\rho_{крj} = P_{крj} / [(0,2905 - 0,085 \cdot \omega_j) \cdot R_j \cdot T_{крj}]. \quad (9)$$

Для выполнения расчетов разработана программа на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi, в которой реализован представленный выше метод расчета. База данных включает сведения более, чем для 400 веществ [1].

Литература:

1. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.:Химия, 1982.-582с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯ У МОНОКРИСТАЛАХ ТЕЛУРИДУ КАДМІЮ ЛЕГОВАНОГО ХЛОРОМ

Косяк В.В., Опанасюк А.С., Тиркусова Н.В.

Одним із перспективних матеріалів для виготовлення високочутливих неохолоджувальних детекторів іонізуючого випромінювання є телурид кадмію легований хлором. Використання хлору як легуючого елемента дозволяє отримувати низьку провідність монокристалів  $CdTe$ , завдяки ефекту самокомпенсації заряджених атомних дефектів, що забезпечує високу ефективність детектування рентгенівського та гама випромінювання.

За допомогою метода квазіхімічних реакцій проведено моделювання процесів дефектоутворення у монокристалах  $CdTe:Cl$  в залежності від тиску пари кадмію та концентрації домішкових атомів. При цьому основним механізмом

дефектоутворення обрано взаємодію заряджених дефектів з утворенням асоціатів [1]. Моделювання проведено у наближенні повної рівноваги дефектів з використанням моделі запропонованої в [2]. Система квазіхімічних рівнянь, що використовувалась для розрахунків має вигляд:

$$Cd_{Cd} = V_{Cd}^- + Cd_i^+, \quad [V_{Cd}^-] \cdot [Cd_i^+] = K_F, \quad (1.1)$$

$$Cd^G + V_i^0 \leftrightarrow Cd_i^+ + e^-, \quad n \cdot [Cd_i^+] = K_r \cdot P_{Cd}, \quad (1.2)$$

$$V_{Cd}^{2-} + Cl_{Te}^+ = (V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-, \quad \frac{[(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-]}{[V_{Cd}^{2-}] \cdot [Cl_{Te}^+]} = K_P, \quad (1.3)$$

$$Cl_{Te}^+ + (V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^- = (V_{Cd}^{2-} 2Cl_{Te}^+)^0, \quad \frac{[(V_{Cd}^{2-} 2Cl_{Te}^+)^0]}{[(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-] \cdot [Cl_{Te}^+]} = K_{DP}, \quad (1.4)$$

$$Cd_i^0 \leftrightarrow Cd_i^+ + e^-, \quad \frac{n \cdot [Cd_i^+]}{[Cd_i^0]} = K_1, \quad (1.5)$$

$$Cd_i^+ \leftrightarrow Cd_i^{2+} + e^-, \quad \frac{n \cdot [Cd_i^{2+}]}{[Cd_i^+]} = K_2, \quad (1.6)$$

$$V_{Cd}^- \leftrightarrow V_{Cd}^0 + e^-, \quad \frac{n \cdot [V_{Cd}^0]}{[V_{Cd}^-]} = K_3, \quad (1.7)$$

$$V_{Cd}^{2-} \leftrightarrow V_{Cd}^- + e^-, \quad \frac{n \cdot [V_{Cd}^-]}{[V_{Cd}^{2-}]} = K_4, \quad (1.8)$$

$$(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^0 = (V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^- + e^-, \quad \frac{[(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-] \cdot n}{[(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^0]} = K_5, \quad (1.9)$$

$$Cl_{Te}^0 = Cl_{Te}^+ + e^-, \quad \frac{n \cdot [Cl_{Te}^+]}{[Cl_{Te}^0]} = K_3, \quad (1.10)$$

$$0 \leftrightarrow e^- + h^+, \quad n \cdot p = K_i, \quad (1.11)$$

$$n + [V_{Cd}^-] + 2 \cdot [V_{Cd}^{2-}] + [(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-] = p + [Cd_i^+] + 2 \cdot [Cd_i^{2+}] + [Cl_{Te}^+], \quad (1.12)$$

$$[(Cl)_{tot}] = [(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^0] + [(V_{Cd}^{2-} Cl_{Te}^+)^-] + [Cl_{Te}^0] + [Cl_{Te}^+] + 2 \cdot [(V_{Cd}^{2-} 2Cl_{Te}^+)^0]. \quad (1.13)$$

В результаті моделювання отримані залежності концентрації точкових дефектів та концентрації вільних носіїв заряду від технологічних параметрів отримання і відпалу монокристалів.

#### Література

1. Saraie J., Kitagava M. Effect of Component Element during LPE on Electrical Properties of  $CdTe$  // J. Solid State Chem.-1979.-V.126, № 12.-P. 2225-2231.

2. Косяк В.В., Опанасюк А.С., Опанасюк Н.М., Проценко І.Ю. Квазіхімічний опис дефектів у телуриді кадмію// Вісник СумДУ. Серія "Фізика, математика, механіка".-2004.-№10 (69).-С. 5-15.

## АНСАМБЛЬ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ У ПЛІВКАХ $CdTe$ ОДЕРЖАНИХ ПРИ РЕГУЛЬОВАНОМУ ТИСКУ КАДМІЮ

Косяк В.В., Опанасюк А.С.

З використанням методу квазіхімічних реакцій проведено моделювання процесів дефектоутворення у плівках  $CdTe$ , для випадку конденсації шарів при контрольованому тиску пари кадмію  $P_{Cd}$ .

Розрахунки здійснювались для двох моделей дефектної структури телуриду кадмію запропонованих у роботах [1,2] При цьому використовувались різні данні про енергії іонізації точкових дефектів в матеріалі. Моделювання проведено для двох крайніх випадків рівноваги точкових дефектів, повної рівноваги і закалки [3].

Встановлено, що при використанні високотемпературного наближення (повна рівновага) в області тисків  $P_{Cd} > 1 \text{ Па}$  обидві моделі дають близькі значення концентрації носіїв струму в області високих тисків кадмію, та передбачають зміну провідності матеріала з  $p$  на  $n$ -тип при підвищенні  $P_{Cd}$ . Разом з цим розбіжності між результатами одержаними в рамках різних моделей суттєво збільшуються при тисках кадмію  $P_{Cd} < 1 \text{ Па}$ . При цьому модель [2] передбачає додаткову зміну типу провідності  $CdTe$  з  $p$  на  $n$  у області  $P_{Cd} < 10^2 \text{ Па}$ .



У випадку закалювання стан ансамблю точкових дефектів у матеріалі суттєво змінюється, що приводить до падіння провідності шарів на 3-4 порядки. Залежності концентрації носіїв струму від  $P_{Cd}$  одержані з використанням різних моделей дефектної структури матеріалу при цьому мають принципові відмінності, хоча обидві моделі передбачають зміну типу провідності плівок  $CdTe$  при близьких значеннях тиску кадмію.

Слід відзначити, що використання різних даних про енергії іонізації точкових дефектів не приводить до суттєвих змін у залежностях величин концентрацій носіїв заряду від  $P_{Cd}$ , що свідчить про високу вірогідність проведених розрахунків.

Напівізолюючі плівки  $CdTe$  одержані шляхом закалювання матеріалу можуть бути використані в якості базових шарів детекторів  $\gamma$ -випромінювання, замість теллуриду кадмію легованого хлором.

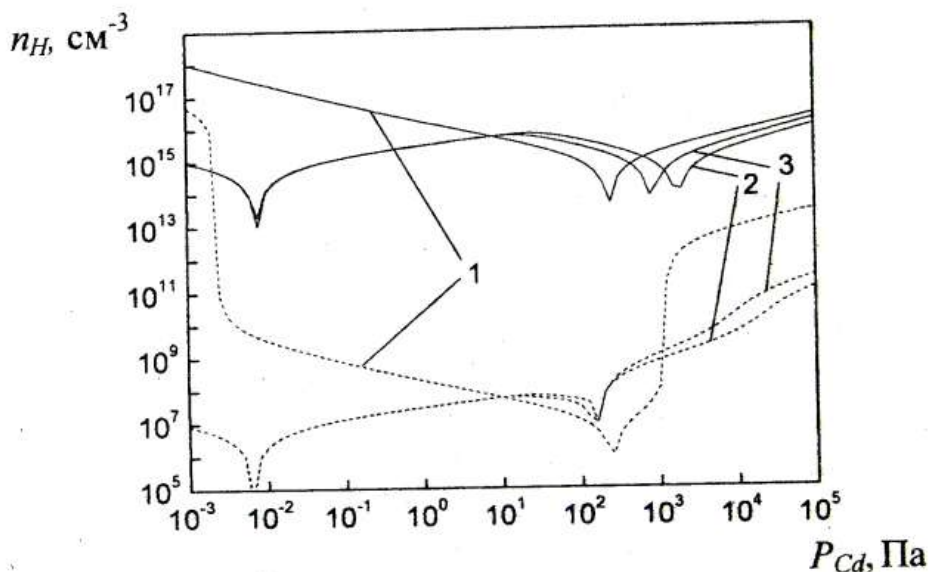


Рисунок 1 - Залежність холівської концентрації носіїв від парціального тиску пари кадмію в процесі одержання плівок  $CdTe$ . Температура підкладки  $T_p=773$  К, випарника  $T_e=973$  К; 1- модель дефектів [1]; 2,3 модель дефектів [2], 1- данні про

енергетичні параметри взяті з [2], 2- данні про енергетичні параметри взяті з [1].

#### Література

1. Saraie J., Kitagava M. Effect of Component Element during LPE on Electrical Properties of *CdTe* // J. Solid State Chem.-1979.- V.126, № 12.-P. 2225-2231.

2. Berding M.A. Native point defects in *CdTe* // Phys. Rev.-1999. - V.60, № 12. -P. 8943-8950.

3. Косяк В.В, Опанасюк А.С, Опанасюк Н.М., Проценко І.Ю. Квазіхімічний опис дефектів у телуриді кадмію// Вісник СумДУ, серія Фізика математика мехеніка.-2004.-№10 (69).-С. 5-15.

## АНСАМБЛЬ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ У МОНОКРИСТАЛАХ ТЕЛУРИДУ КАДМІЮ ЛЕГОВАНИХ ФОСФОРОМ

Денисенко Р.В., Опанасюк А.С.

Телурид кадмію є єдиним напівпровідником групи  $A_2B_6$  який може бути одержаний як  $n$  так і  $p$ - типу провідності. Як свідчить аналіз літературних джерел, типом провідності та опором халькогеніду кадмію можна ефективно керувати шляхом зміни його стехіометрії або введення у напівпровідник мілких акцепторних чи донорних домішок. Більшість існуючих робіт присвячені дослідженню *CdTe* легованого мілкими донорами, наприклад *In* чи *Cl*, в той час, як для виготовлення  $p$ - $n$ -переходів, необхідно вміти одержувати низькоомні шари напівпровідника  $p$ -типу провідності. Це і обумовило вибір напрямку даного дослідження.

В роботі проведено моделювання стану ансамблю точкових дефектів монокристалів *CdTe* легованих мілкою акцепторною домішкою в залежності від тиску пари кадмію, в процесі відпалу одержаних шарів, та концентрації домішки. В якості легуючого матеріалу використовувався фосфор. Моделювання проведено для випадку повної рівноваги дефектів у матеріалі [1,2].

Утворення складних комплексів, які включають атоми фосфору, в матеріалі не враховувалося.

Побудовані залежності концентрації різних дефектів та вільних носіїв заряду від фізико-технологічних умов одержання монокристалів та післяростового відпалу. Доведено, що легування атомами фосфору дозволяє одержувати телурид кадмію *p*-типу провідності з контрольованою провідністю.

Література

1. Saraie J., Kitagava M. Effect of Component Element during LPE on Electrical Properties of *CdTe* // J. Solid State Chem.-1979.-V.126, № 12.-P. 2225-2231.

2. Косяк В.В., Опанасюк А.С., Опанасюк Н.М., Проценко І.Ю. Квазіхімічний опис дефектів у телуриді кадмію// Вісник СумДУ. Серія "Фізика, математика, механіка".-2004.-№10 (69).-С. 5-15.

## ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ НАНОЧАСТИЦ

Лютый Т.В., Денисова Л.А.

Термоиндуцированная релаксация намагниченности в системах одноосных наночастиц с большой перпендикулярной анизотропией определяется вероятностями переориентаций их магнитных моментов. Эти вероятности зависят как от внутренних характеристик наночастиц, так и от внешнего поля. В случае, когда оси легкого намагничивания всех наночастиц направлены вдоль внешнего поля, вероятности переориентаций магнитных моментов определяются в рамках подхода, основанного на определении среднего времени достижения случайным процессом заданного уровня [1] с помощью обратного уравнения Фоккера-Планка, предложенного в работе [2]. Главной особенностью релаксации намагниченности в этом случае является быстрый рост равновесной намагниченности, и приближение ее практически к насыщению при достаточно малых по сравнению с полем анизотропии величинах внешнего поля.

Следует ожидать, что вероятность переориентации

магнитного момента, а значит и характер релаксации, будет в значительной степени зависеть от внешнего поля  $\mathbf{h}(t) = h_0(\mathbf{e}_x \cos \omega t + \mathbf{e}_y \sin \omega t)$  ( $h_0 < H_a$ , где  $H_a$  – поле анизотропии), прецессирующего с частотой  $\omega$  в плоскости  $xoy$ , перпендикулярной к легкой оси наночастицы. Причиной этому служит несимметричное появление локальных минимумов в зависимости магнитной энергии наночастицы от полярного угла магнитного момента вблизи легкой оси под действием такого внешнего поля. В общем случае положение уровней минимальной энергии можно найти только численно из уравнения Ландау-Лифшица для устоявшегося режима прецессии магнитного момента. Однако при небольшой амплитуде прецессирующего внешнего поля ( $h_0 \ll H_a$ ) путём линеаризации уравнения Ландау-Лифшица углы, соответствующие локальным минимумам магнитной энергии были определены аналитически

$$\theta_\sigma = \frac{h_0 \gamma (\lambda^2 + 1)}{\sqrt{(A \lambda^2 + A - \sigma \omega)^2 + \lambda^2 \omega^2}} \quad (1)$$

где  $\sigma = \pm$  соответствует двум равновесным направлениям магнитного момента в отсутствии поля  $\mathbf{h}(t)$ ;  $\gamma$  – гиромагнитное отношение;  $\lambda$  – коэффициент затухания в уравнении Ландау-Лифшица;  $A = \gamma(H_a + H_{ex})$ ,  $H_{ex}$  – внешнее поле, направленное вдоль легкой оси.

Отсутствие симметрии в расположении равновесных направлений обуславливает неравенство вероятностей переориентации магнитных моментов из одного направление в другое. В общем случае вычисление этих вероятностей представляет собой сложную математическую задачу, значительно упростить которую позволяет введение отражающих границ на конических поверхностях  $\theta_\sigma$ . Используя предложенный в [2] метод, были получены выражения для плотностей вероятности в случае, когда тепловая энергия много меньше энергии анизотропии.

$$w_{\sigma} = \frac{1}{t_r} \sqrt{\frac{4a}{\pi}} \frac{(\cos\theta_{\sigma} + \sigma B)(1 - B^2)}{\exp(a(\cos\theta_{\sigma} + \sigma B)^2)} \quad (2)$$

где  $a = H_a m / 2kT$  – величина, характеризующая высоту потенциального барьера;  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – термодинамическая температура.  $B = H_{ex} / H_a$ ;  $t_r = 2 / \lambda \gamma H_a$ .

В отсутствии прецессирующего внешнего поля  $\mathbf{h}(t)$  (2) переходит в известное выражение [2]. Анализ (2) показывает, что  $w_+ < w_-$  даже при отсутствии поля  $H_{ex}$ , а в случае, когда величина потенциального барьера значительно превышает тепловую энергию ( $a \rightarrow \infty$ ) –  $w_+ \ll w_-$ . Это указывает на существование выделенного направления магнитного момента и, следовательно, ненулевой средней намагниченности наночастицы.

Полученные результаты позволяют проанализировать влияние прецессирующего внешнего поля на ход магнитной релаксации, изучить характер совместного действия такого внешнего поля и поля, направленного вдоль легкой оси. Предложенный подход можно обобщить на случай наличия взаимодействия в ансамбле наночастиц и, следовательно, установить особенности релаксации как в приближении среднего поля [3], так и путем численного моделирования, позволяющего учесть динамические корреляции магнитных моментов [2].

#### Литература

1. Гардинер К.В. Стохастические методы в естественных науках. – М.: Мир. 1986.
2. Denisov S.I., Lyutyu T.V., Trohidou K.N. // Phys. Rev. B. – 2003. – Vol. 67, 014411.
3. Денисов С.И., Лютый Т.В., Нефедченко В.Ф. // Металлофиз. новейшие технол. – 2002. – Т.24, №1. – С.17-24.

## ХАОТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ ИОННОЙ ЦЕПОЧКИ

Денисова Е.С., Лютый Т.В., Литвиненко А.И.

Одной из наиболее важных и интересных проблем современной физики, имеющих большое общетеоретическое и практическое значение, является проблема транспорта пространственных структур под воздействием периодической внешней силы. Среди прикладных аспектов следует отметить управляемое движение частиц через клеточную мембрану, что откроет новые перспективы в медицине, а также движение цепочек частиц в середину карбоновых нанотрубок, что позволит экспериментально исследовать кулоновскую цепочку, которая до этого являлась удобной, но абстрактной моделью в физике твердого тела.

Уравнения движения, которые описывают безразмерные смещения  $w = w(\tau)$  и  $u = u(\tau)$  положительных и отрицательных зарядов из положений их равновесия [1], записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon \ddot{w} + \chi \dot{w} + \frac{1}{2}(w - u) &= \Phi \sin(2\pi\tau) + \mu G(w), \\ \varepsilon \ddot{u} + \chi \dot{u} + \frac{1}{2}(u - w) &= -\Phi \sin(2\pi\tau) + \mu G(u). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $\tau$  – безразмерное время,  $\varepsilon = 1/(2T\omega)^2$ ,  $T$  – полупериод продольного электрического поля,  $\omega$  – собственная частота оптических колебаний цепочки,  $\chi = \lambda/(2MT\omega^2)$ ,  $\lambda$  – коэффициент затухания,  $M$  – масса одного иона,  $\Phi = qE/(Md\omega^2)$ ,  $q$  – заряд иона,  $E$  – амплитуда продольного электрического поля,  $d$  – период цепочки,  $\mu = f_0/(Md\omega^2)$ ,  $f_0$  – силовой параметр, характеризующий несимметричный периодический потенциал  $G(x)$ .

В работе [1] с помощью системы уравнений (1) аналитически и численно изучен транспорт ионной цепочки в предельном случае большого затухания ( $\chi \rightarrow \infty$ ), когда

инерционными слагаемыми можно пренебречь. Однако интерес представляет также случай, при котором затухание невелико, что обусловлено в первую очередь существованием особого режима транспорта – хаотического режима. На возможность последнего для отдельных частиц было указано в работах [2, 3], но проблема хаотического транспорта систем взаимодействующих частиц до сих пор не рассматривалась.

Уравнения в системе (1) являются нелинейными, и ее аналитическое решение в общем случае невозможно. Поэтому в данной работе решение (1) находилось численно методом Рунге-Кутты. Путем варьирования параметров, фигурирующих в (1), было показано, что для ионной цепочки возможны два принципиально различных режима транспорта – детерминистический и хаотический. Первый режим характеризуется регулярным изменением функций  $w = w(\tau)$  и  $u = u(\tau)$  со временем (см. Рис.1, а). Второй режим характеризуется нерегулярным поведением смещений  $w = w(\tau)$  и  $u = u(\tau)$  и их непредсказуемой зависимостью от величины шага дискретизации  $\Delta\tau$  в разностной схеме, которой заменяется (1) при численном решении (см. Рис.1 б, в). Данная особенность не связана с несовершенством численного метода, а обусловлена внутренними свойствами нелинейной системы уравнений (1). В докладе обсуждается ее использование в качестве критерия существования хаотического режима транспорта.

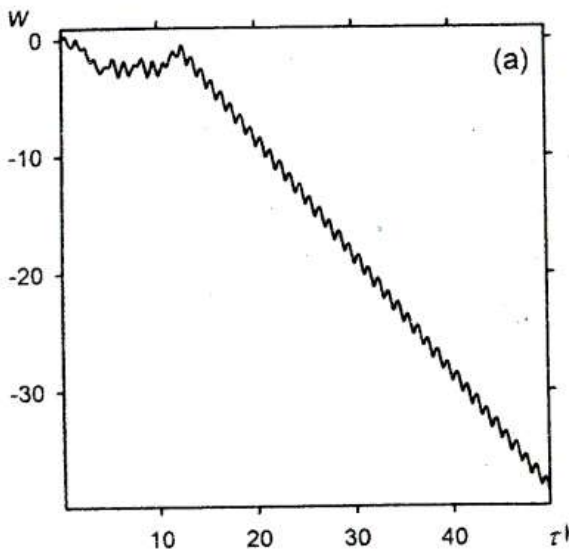
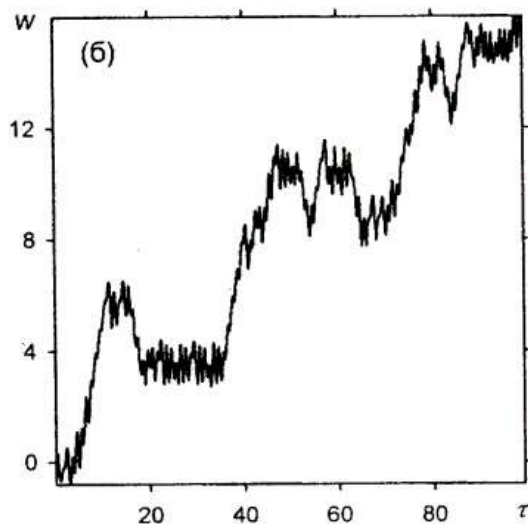
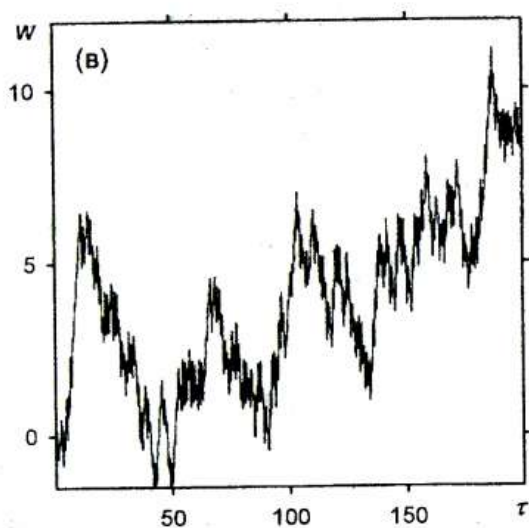


Рис 1. Зависимости смещения  $w(\tau)$  при различных режимах транспорта.  $\varepsilon = 0,5$ ;  $\Phi = 1,5$ ;  $\mu = 1$ .

а) – детерминистический транспорт ( $\chi = 0,36$ );

б) – хаотический транспорт ( $\chi = 0,35$   $\Delta\tau = 10^{-6}$ );

в) – хаотический транспорт ( $\chi = 0,35$   $\Delta\tau = 10^{-5}$ ).



Е.С.Д. благодарит за поддержку INTAS, грант № 03-55-1180.

#### Литература

1. Denisov S.A., Denisova E.S. and Hänggi P. // Phys. Rev. E. – 2005. – Vol.71, 016104.
2. Jung P., Kissner J.G. and Hänggi P. // Phys. Rev. Lett. – 1996. – Vol.76, P. 3436-3439.
3. J.L. Mateos // Phys. Rev. Lett. – 2000. – Vol.84, P. 258-261.

## УРАВНЕНИЕ ФОККЕРА-ПЛАНКА ДЛЯ СИСТЕМ С ГАУССОВСКИМ ЦВЕТНЫМ ШУМОМ

Витренко А.Н.

Временная эволюция стохастической системы может описываться уравнением Ланжевена (УЛ). При таком подходе влияние флуктуирующей среды учитывается посредством источника внешнего шума. Возникает необходимость выразить статистические характеристики параметра состояния системы через известные статистические характеристики шума. Предположение гауссовского



белого шума (ГБШ) значительно упрощает проблему, временная эволюция системы – марковский процесс и его одномерная плотность вероятности (ПВ) и ПВ перехода удовлетворяют уравнению Фоккера-Планка (УФП). В одномерном случае его стационарное решение может быть получено в общем случае, т.е. модели с ГБШ являются точно разрешимыми. Однако ГБШ имеет некоторые нефизические свойства, поэтому его применение не всегда оправдано. Гауссовский цветной шум (ГЦШ) – более реалистичная модель флуктуирующей среды. Как известно, в некоторых частных случаях УЛ с ГЦШ можно сопоставить УФП для одномерной ПВ. В данной работе предлагается альтернативный способ записи этого уравнения.

Рассматривается следующее УЛ

$$\dot{x}(t) = f(x(t)) + g(x(t))\xi(t) \quad [x(0) = x_0], \quad (1)$$

где  $x(t)$  – параметр состояния системы,  $f(x)$  и  $g(x)$  – некоторые известные детерминированные функции,  $\xi(t)$  – ГЦШ с нулевым средним и заданной корреляционной функцией  $\langle \xi(t)\xi(t') \rangle = r(t-t')$ . Решение УЛ (1) будем искать в виде  $x=x(t, w(t))$ , где  $w(t) = \int_0^t v(t')\xi(t')dt'$  – некоторый гауссовский процесс,  $v(t)$  – неизвестная детерминированная функция. Подставив функцию  $x=x(t, w(t))$  в (1), переходим к системе

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial t} = f[x(t, w(t))] \\ \frac{\partial x}{\partial w} v(t) = g[x(t, w(t))] \end{cases} \quad (2)$$

Интегрируя первое уравнение системы (2), получим неявное выражение для  $x$

$$F(x) = F(x_0) + t + c(w(t)). \quad (3)$$

Здесь  $F(x) - F(x_0) = \int_{x_0}^x \frac{dx'}{f(x')}$  и  $c(w)$  – некоторая неизвестная функция.

Пусть  $F^{-1}$  – функция, обратная к  $F$ , тогда явное выражение для  $x$  можно записать в виде

$$x = F^{-1}[F(x_0) + t + c(w(t))]. \quad (4)$$

Определив из (3) частную производную  $\frac{\partial x}{\partial w} = f(x) \frac{dc}{dw}$  и подставив ее во второе уравнение системы (2), получим уравнение

$$\frac{dc}{dw} v(t) = \frac{g\{F^{-1}[F(x_0) + t + c(w)]\}}{f\{F^{-1}[F(x_0) + t + c(w)]\}}, \quad (5)$$

определяющее функции  $v(t)$  и  $c(t)$ .

Одномерная ПВ  $x(t)$  будет характеризоваться одномерной ПВ гауссовского процесса  $w(t)$ , которая полностью определяется дисперсией  $\sigma_w^2(t)$ :

$$\sigma_w^2(t) = \langle w^2(t) \rangle = \int_0^t \int_0^t dt_1 dt_2 v(t_1) v(t_2) r(|t_2 - t_1|). \quad (6)$$

Рассмотрим гауссовский процесс  $q(t) = \int_0^t v(t') \frac{\gamma(t')}{\lambda(t')} dt'$ , где  $\gamma(t)$  – ГБШ с нулевым средним и корреляционной функцией  $\langle \gamma(t) \gamma(t') \rangle = 2\delta(t - t')$ ,  $\lambda(t)$  – детерминированная функция. Определим  $\lambda(t)$  таким образом, чтобы дисперсия  $\sigma_q^2(t)$  процесса  $q(t)$ , равная

$$\sigma_q^2(t) = \langle q^2(t) \rangle = 2 \int_0^t dt' \frac{v^2(t')}{\lambda^2(t')}, \quad (7)$$

была тождественно равна дисперсии (6) процесса  $w(t)$ . Получим

$$\frac{1}{\lambda^2(t)} = \frac{1}{v(t)} \int_0^t dt' v(t') r(|t - t'|). \quad (8)$$

Таким образом, от УЛ (1) можно перейти к УЛ

$$\dot{y}(t) = f(y(t)) + g(y(t)) \frac{\gamma(t)}{\lambda(t)} \quad [y(0) = x_0], \quad (9)$$

при этом одномерные ПВ процессов  $x(t)$  и  $y(t)$  будут тождественно равны. УЛ (9), как известно, ставится в соответствие УФП, коэффициенты сноса и диффузии которого соответственно равны

$$A(x, t) = f(x) + g'(x)g(x)/\lambda^2(t), \quad B(x, t) = g^2(x)/\lambda^2(t). \quad (10)$$

Следовательно, если уравнение (5) разрешимо, тогда УЛ (1) можно поставить в соответствие УФП с коэффициентами (10), функция  $\lambda(t)$  в которых определяется из (8).

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПЛОТНЕНИЯМ**

Полонский

В конструировании насосов очень важным является выбор уплотнения, так как стоимость этого узла может достигать 20% процентов стоимости насоса. А 70 % отказов насосов приходится на отказ уплотнения.

Выбор уплотнения определяется требованиями к оборудованию и узлу, техническими характеристиками уплотнения и экономической целесообразностью.

Критериями оценки являются максимальная безопасность и минимальный экологический ущерб, простота в эксплуатации, количество затрат.

Выбор уплотнений по показателям надёжности должен основываться на понимании, что уплотнение является узлом насоса, который в свою очередь является элементом технической системы, надёжность которой, следовательно межремонтный цикл зависит от надёжности входящих в неё элементов. Торцовые уплотнения которые обеспечивают минимальные протечки и длительную наработку опасны внезапностью своих отказов. Применение торцовых сальниковых уплотнений снимает риск внезапного отказа, но увеличивает протечку, что ни всегда приемлемо.

Экономическая целесообразности способствует применению того или иного решения при выборе уплотнения. При подборе уплотнения просчитывают, стоимость уплотнения, стоимость потерянного вещества в результате протечки и запирающего вещества, стоимость ремонта (или замены) уплотнения, и убытки при простое оборудования, целесообразность дублирования насоса, и т. д. В ряде случаев это приводит к установке менее надёжного уплотнения, в пользу простоте эксплуатации, скорости и дешевизне ремонта. Например быстрое восстановление работоспособности менее надёжного уплотнения, гораздо экономически выгоднее чем ожидание внезапного отказа надёжного дорогостоящего узла, замена которого требует демонтажа всего насоса и приводит к долговременным простоям

Требования безопасности производства и обслуживающего персонала, а также экологические нормы также влияют на решении об приемлемости в данного типа уплотнения. Для устранения утечек перекачиваемой среды идут на дополнительные расходы при подборе уплотнения. При перекачивании дорогих, токсичных, радиоактивных, горючих и взрывоопасных веществ попадание их в окружающую среду опасно и не допустимо. Поэтому применяют уплотнения с гидрозатвором не допускающие даже минимальных протечек перекачиваемого вещества. Что приводит к увеличению затрат как на приобретение самого узла так и на его ремонт и эксплуатацию.

Как следует из вышесказанного подбор уплотнение сложный процесс. И какому типу уплотнений добавить преимущество нужно решать поделно в каждом случае.

## **ДЕФОРМАЦИИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ В ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ**

Зимогляд Ю.

В настоящее время механические торцовые уплотнения находят всё более широкое применение благодаря таким важным качествам, как герметичность и долговечность. Работоспособность уплотнения определяется, прежде всего, контактным давлением и физическими процессами на контактирующих и вращающихся относительно друг друга торцовых поверхностях.

При эксплуатации торцовых уплотнений наблюдается неравномерный износ контактных поверхностей. К этому приводит деформация поперечного сечения кольца. С одной стороны деформация кольца вызывается изменением температуры по длине кольца, с другой стороны деформация зависит от действия радиальных и осевых сил, обусловленных действием давления уплотняющей среды.

Подбором размеров кольца следует добиваться уравнивания температурных деформаций силовыми деформациями до такой степени, чтобы раскрытие в верхней части уплотнительных колец было минимальным. При этом будем иметь минимальный износ контактных поверхностей, а также минимальные протечки.

В данной работе приведены результаты расчёта температурных и силовых деформаций колец при линейном законе распределения давления в щели торцового уплотнения, выполненные методом конечных элементов с помощью программного комплекса ANSYS.

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГИДРОУПРУГОСТИ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ**

Деркач О.А.

Общеизвестно, что контактные поверхности уплотняющих колец при работе торцового уплотнения деформируются и теряют первоначальную плоскую форму, полученную при изготовлении. Нарушение плоской формы уплотняющих поверхностей колец в стыке пары трения происходит под воздействием силовых деформаций, связанных с перепадом давлений. С

ростом перепада давления влияние силовых деформаций на форму поверхности контактного стыка пары трения торцевого уплотнения, а значит, и на рабочие характеристики уплотнения. На деформации, вызванные нагревом, влияет в первую очередь тепловая характеристика пары трения, а именно, коэффициент теплопроводности, коэффициент линейного расширения при нагреве, факторы теплоотдачи, определяющие в совокупности и с конструкцией кольца градиент температуры и форму зазора. На геометрию уплотнительного зазора влияет градиент температуры, как в осевом, так и в радиальном направлениях.

Деформация уплотнительных колец ведет к нарушению плоскостности торцевого зазора (конфузорности либо диффузорности), что в свою очередь увеличивает протечки уплотнения. Таким образом, основной задачей при разработке уплотнения является подбор такой геометрии колец, чтобы свести к минимуму деформации, и, следовательно, уменьшить протечки.

Для сложных конструкций уплотнительных узлов аналитическое решение задачи теплогидроупругости не представляется возможным. В этих случаях используется численное решение. В работе предложено решение следующих задач с помощью программного комплекса *ANSYS*:

- определение температурных и силовых деформаций колец торцевого уплотнения;
- рассмотрение течения жидкости в деформированном зазоре торцевого уплотнения;
- на основе решения деформационных задач для конкретных условий работы узла определена действительная форма уплотняющей щели в подвижном стыке пары трения его колец;
- с использованием полученных результатов производится подбор оптимальных геометрических параметров колец уплотнения.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТОРЦЕВОГО БЕЗКОНТАКТНОГО УЩІЛЬНЕННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

Нелюдимова Ю.В.

Розглянута принципово нова конструкція торцевого безконтактного ущільнення відцентрового насоса. Розроблена математична модель ущільнення, яка дозволяє при заданих параметрах конструкції і режимі:

- 1) знайти витрати робочої рідини;
- 2) визначити стійкість стаціонарних режимів;
- 3) оцінити динамічні показники, зокрема, час затухання перехідних режимів.

В результаті чисельних експериментів знайдено оптимальні співвідношення між радіусами вала на вході і виході ущільнення, які, з

одного боку, задовольняють вимогам допустимих витрат і динамічних показників, з другого забезпечують належний запас міцності вала

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Зуева Н.В.

Создание работоспособных уплотнений и реализовать их преимущества возможно лишь при правильном подходе к выбору конструкции. В процессе конструирования уплотнений возникает необходимость в определении их статических (вычисление расходов, гидродинамических сил и моментов, определение коэффициента нагрузки) и динамических (критических частот вращения, областей устойчивости) характеристик. Для правильного расчета уплотнений необходимо иметь правильное представление о тех процессах, которые сопровождают работу этих уплотнений. В первую очередь это относится к процессам, имеющим место в торцовом дросселе, образованном парой трения. Торцовый дроссель является основным элементом не только торцовых уплотнений, а также упорных подшипников и гидроплат.

В работе рассмотрены гидродинамические характеристики течения жидкости в торцовом дросселе. Получено распределение давления на поверхности колец торцового уплотнения с учетом сил инерции жидкости. Найдены силы и моменты, действующие со стороны жидкости на кольца уплотнения, а также расход жидкости через уплотняющий торцовый зазор. Далее получены динамические коэффициенты пленки жидкости, рассмотрена динамика уплотнения. Рассмотрены конструкции уплотнений с аксиально-подвижным вращающимся и невращающимся кольцом. Найдены основные характеристики установившегося режима работы уплотнения, границы устойчивости.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВРІВНОВАЖЕННЯ ГНУЧКИХ РОТОРІВ В ДВОХ ПЛОЩИНАХ КОРЕКЦІЇ**

Куций С., Станченко Л.В

Досліджується проблема: чи можна задовільно врівноважити ротор з робочими частотами між першою і другою критичними частотами, використовуючи тільки дві площини корекції. Була виготовлена експериментальна роторна установка. Експерименти проводили як на установці, так і чисельні на ПЕОМ, використовуючи математичну модель ротора, оснований на методі скінченних елементів. Точність математичної

моделі зіставлялася з результатами експериментів на натурній установці.

Виявлено, що якщо викорситовувати площини корекції, де знаходяться неврівноважені диски, то врівноваження дає завжди задовільні результати, навіть при балансуванні на низьких частотах.

При використанні інших площин корекції при балансуванні на першій критичній частоті і на робочій теж можна отримати задовільного рівня остаточної неврівноваженості.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО КАНАЛА С УПРУГО ЗАКРЕПЛЕННОЙ СТЕНКОЙ

Гетьманский Н.С.

В турбомашинах (паровых и газовых турбинах, воздушных или газовых компрессорах, гидравлических турбинах и насосах) газ или несжимаемая жидкость движутся через систему неподвижных (направляющих аппаратов) и вращающихся решеток. Рабочий процесс в турбомашинах как раз и состоит в обмене энергией между протекающим газом и движущимися решетками. Т.е. здесь существенным моментом является силовое взаимодействие между потоком жидкости и упругими лопатками. Таким образом, наличие упругости приводит к возможности возникновения аэрогидроупругих колебаний.

Сложность рассмотрения такого рода задач заключается в том, что соседние лопатки оказывают влияние на их колебания. При этом отдельные лопатки могут колебаться с разными амплитудами, с разными фазами колебаний. Влияние оказывает также взаимное смещение профилей.

Обычно различают два типа флаттера: классический, с малыми углами атаки, и срывной флаттер, с большими углами атаки ( $\alpha > 15^\circ$ ). Теория последнего еще не завершена до настоящего времени и встречается в лопатках турбомашин, в лопатках компрессоров реактивных двигателей. Классический флаттер является наиболее разработанным и имеет место прежде всего в крыльях самолета.

Задача об устойчивости упруго закрепленной стенки канала подобна задаче исследования изгибно-крутильного флаттера пластины, извне обтекаемой газом. Отличие лишь в том, что мы имеем случай не внешнего, а внутреннего обтекания, т.е. случай воздействия на пластину потока в широким дросселирующем канале.

Стенка канала считается жестким телом, опирающимся на сосредоточенные упругие элементы и совершающим плоские колебания, поэтому колебания описываются системой двух обыкновенных дифференциальными уравнений, каждое из которых второго порядка. С помощью различных алгебраических и частотных критериев,



представляющих собой необходимые и достаточные условия устойчивости, можно судить об устойчивости системы по коэффициентам характеристического уравнения, не решая самого уравнения. Для рассматриваемой задачи проще всего использовать алгебраический критерий Гурвица. Для систем второго порядка, каковыми являются системы с одной степенью свободы, необходимым и достаточным условием устойчивости является положительность всех коэффициентов характеристического уравнения.

В работе были получены аналитические зависимости силовых характеристик потока, путем интегрирования уравнения Рейнольдса. Полученные выражения использовались для оценки динамики системы с упруго опертой стенкой канала. Проведен анализ как зависят силовые характеристики потока от геометрических параметров канала. Определены условия, при которых в диффузорном и конфузорном каналах возможны явления дивергенции и флаттера верхней стенки.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАМИНАРНОГО И ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОНУСНОЙ ТРУБЕ**

Пересада И.А.

Работа посвящена теоретическому и экспериментальному анализу течения вязкой жидкости в трубе с малой конусностью. Цель работы состоит в изучении закономерностей установившегося течения в прямой трубе и трубе с малой конусностью. В дальнейшем полученные теоретические результаты сравниваются с экспериментальными данными.

В работе проанализировано течение в цилиндрическом канале и в канале с малой конусностью. Получено уравнение баланса перепада давления на единице длины канала и противодействующих движению сил сопротивления трения. Показано существование ламинарного пограничного слоя с постоянным по толщине касательным напряжением и линейным изменением скорости. Эпюрой скорости в ядре потока в цилиндрическом канале является парабола вращения. Получена формула для расхода через цилиндрический канал, выражающая закон Хагена-Пуазелья. Показано, что на ламинарных режимах перепад давления пропорционален расходу, а на турбулентных - квадрату расхода. Рассмотрен также начальный участок канала, на котором происходит формирование параболического профиля скорости.

Задачей эксперимента было исследование течения жидкости в конусном канале. Для этого был изготовлен цилиндр с постоянной конусностью и заданными геометрическими параметрами. Было проведено несколько циклов эксперимента для сужающегося и расширяющегося канала. При

определении закона распределения давления по длине исследуемого участка учитывались потери давления на трение, а также инерционная составляющая давления, обусловленная изменением кинетической энергии вдоль потока. В конфузорном канале скорость и кинетическая энергия увеличиваются по направлению потока за счет соответствующего уменьшения давления. В диффузорном канале картина обратная: кинетическая энергия вдоль потока уменьшается, а давление увеличивается.

Результаты, полученные для цилиндрического канала могут быть использованы для расчета плоского и кольцевого каналов.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСХОДА ЧЕРЕЗ ЩЕЛЕВОЕ УПЛОТНЕНИЕ**

Тарасевич Ю.Я.

Конусность, эксцентриситет и углы перекося в уплотнениях реальных машин зависят от многих случайных факторов, поэтому они тоже являются случайными величинами. В связи с этим определение динамических характеристик уплотнений необходимо рассматривать в вероятностном аспекте.

Поскольку для относительного смещения ротора все направления равноценны и он может принимать только положительные значения, то плотность вероятности эксцентриситета может быть описана усеченными законом Релея.

Средний радиальный зазор  $H$  и угол конусности уплотнения  $\vartheta$  - являются случайными величинами, распределенными по нормальному закону в некотором интервале ( $H_{\min}, H_{\max}, \vartheta_{\min}, \vartheta_{\max}$ ) определяемом допусками на изготовление

В работе определены значения расхода через щелевое уплотнение с учетом местных сопротивлений и без для различных режимов течения. Получены вероятностные характеристики расхода как функции случайных величин радиального зазора и конусности уплотнения. Проведен анализ полученных характеристик.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО (ГИДРОПЯТА)**

Бровкова Е. В.

В настоящее время наиболее эффективным способом разгрузки осевых сил, действующих на ротор многоступенчатого центробежного насоса

является устройство автоматического уравнивания. В то же время высокий ресурс и надёжность этих важных узлов обеспечивается не всегда. Причина - неверный выбор устройства конструкции, недостаточно полный гидравлический и динамический расчёт, недостаточно полный учёт различных эксплуатационных факторов.

В работе рассмотрены особенности и области применения различных вариантов конструкции гидростатических уравнивающих устройств, а также методы их расчёта. Рассмотрен также вопрос влияния геометрии радиального дросселя устройства уравнивания на динамические характеристики роторов в поперечной плоскости. Проведён анализ материалов и технологий изготовления рабочих поверхностей устройства.

## **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ГИДРОПЯТЫ С ПОДАТЛИВЫМ УПОРНЫМ КОЛЬЦОМ**

Павленко И.В.

В современных высоконапорных центробежных насосах суммарная осевая сила, действующая на ротор, достигает десятков тонн. Уравнивание таких нагрузок затруднительно и требует значительных затрат мощности. Во многих случаях применяют гидропята – автоматическое уравнивающее устройство, выполняющее одновременно функции упорного подшипника и комбинированного концевое уплотнения с саморегулируемым торцовым зазором. Работа гидропят основана на том, что осевая сила, действующая на торцовую пару, зависит от торцового зазора.

Рассмотрен расчёт принципиально отличной от предыдущих конструкций гидропята с податливым упорным кольцом. В результате статического расчёта получены статическая и расходная характеристики, позволяющие на стадии проектирования устанавливать величину протечек в зависимости от диапазона изменения осевой силы. Наряду со статическим расчётом приводится исследование динамической системы «ротор – разгрузочное устройство» и построение амплитудной и фазовой частотных характеристик. Расчёт также позволяет определить запас устойчивости системы для двух параметров (торцовая площадь и объём камеры) в зависимости от жёсткости упорного кольца.

Таким образом, на основании результатов расчёта можно предварительно указать достоинства использования гидропят с податливым упорным кольцом, таких как устранение задиров при пуске, возможность отслеживания перекосов разгрузочного диска при одновременном обеспечении надёжной работы в заданном диапазоне изменения осевой силы с минимальными протечками через торцовую щель.

## **СТАТИЧНИЙ І ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОСЬОВОГО ВРІВНОВАЖЕННЯ РОТОРІВ НАСОСІВ ТА ЇЇ МОДИФІКАЦІЙ**

Гуменюк А.М.

В роботі проведені розрахунки статичних та витратних характеристик базової конструкції автоматичного врівноважуючого пристрою з допоміжним торцевим дроселем та її модифікацій. Розрахунки проводились за методикою проф. В.А.Марцинковського в системі Mathcad 2000. Характеристики модифікацій систем врівноваження розраховувались як окремі варіанти базової конструкції, що дозволило проводити їх порівняльний аналіз і вибір оптимальної конструкції. Для рекомендованої конструкції розраховано при мінімальному торцевому зазорі розподіл тиску на поверхнях розвантажувального диску і заплановано в програмі ANSYS знайти їх максимальні деформації і з'ясувати їх вплив на статичні характеристики системи.

В роботі розраховані коефіцієнти характеристичних рівнянь регулятора, розімкненої та замкнутої систем оптимальної конструкції врівноваження, як окремий варіант базової конструкції на заданому торцевому зазорі. Проведені розрахунки динамічних характеристик розглянутої системи. Динамічний розрахунок включає аналіз динамічної стійкості системи за алгебраїчним критерієм Рауса та аналіз частотних характеристик регулятора та наявність резонансних піків всієї системи в діапазоні робочих частот насоса.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ВРІВНОВАЖУЮЧОГО ПРИСТРОЮ З ДОПОМІЖНИМ ТОРЦЕВИМ ДРОСЕЛЕМ З УРАХУВАННЯМ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Величко О.М.

В роботі проведені розрахунки статичних і витратних характеристик комбінованої системі осьового врівноваження ротору відцентрованого насосу в аналітичній формі і чисельні розрахунки в системі „Mathcad-2000”. Характеристики модифікацій заданої конструкції розраховувались як окремі варіанти основної конструкції. Аналіз розглянутих варіантів дозволив вибрати оптимальну конструкцію і дати рекомендації по модернізації початкової системи.

Динамічний розрахунок проведено для модернізованої системи, який включає розрахунок коефіцієнтів регулятора і всієї системи і аналіз динамічної стійкості системи за критерієм Рауса, та розрахунок динамічних частотних характеристик регулятора в діапазоні робочих частот роботи насоса. Розроблені рекомендації по проведенню статичного і динамічного розрахунків як в аналітичній так і чисельній формах.

## **ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ДИНАМІЧНУ СТІЙКІСТЬ ОКРЕМИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОСЬОВОГО ВРІВНОВАЖЕННЯ РОТОРУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ**

Мандриченко А.А.

Для системи осьового врівноваження ротору відцентрового насосу з додатковим циліндричним дроселем і як окремий варіант – для оберненої гідроп'яти розраховані коефіцієнти характеристичних рівнянь регулятора і всієї системи, за якими перевірена умова динамічної стійкості по критерію Рауса з урахуванням всіх сталих часу. Проведені розрахунки динамічної стійкості для випадків зміни або повної відсутності окремих сталих часу і впливу таких змін на динамічну стійкість системи за критерієм Рауса. Визначені рекомендації по виконанню розрахунків динамічної стійкості систем врівноваження при характеристичних рівняннях порядку високої (більше 5) ступені. Розрахунки проводились як в системі „Mathcad”, так і на мові „Паскаль”.

## **УЧЕТ ПРОВОДИМОСТИ ТОРЦОВОГО ДРОССЕЛЯ НА АВТОМАТИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ ОСЕВОЙ СИЛЫ СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

Погребной С.А

Разработан способ разгрузки ступени центробежного насоса, путем изменения эпоры давления в передней пазухе ступени. подвод давления нагнетания к переднему уплотнению при введении вспомогательного цилиндрического и торцового дросселей в области периферии рабочего колеса приводит к увеличению эпоры давления в передней пазухе до уравновешивания осевой силы на расчетном (оптимальном) режиме работы ступени. На нерасчетных режимах появляется неуравновешенная осевая сила, на которую рассчитываются опорно-упорные узлы ротора насоса.

Профессором Марцинковским В.А. предложено, с целью уменьшения остаточной осевой силы вплоть до полного уравнивания, на нерасчетных режимах, использовать торцовый дроссель в качестве автоматического разгрузочного устройства. В результате этого возникла задача по определению эпоры распределения давления в передней пазухе в зависимости от проводимости торцового дросселя периферийного канала и переднего уплотнения. Данная задача решается в рамках дипломной работы. Результаты решения задачи составляют содержание представленного доклада.

## **АВТОКОЛЕБАНИЯ РОТОРА, ВРАЩАЮЩЕГОСЯ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Рыбалко А.Н.

Возбудителем автоколебаний ротора может являться подшипник. В основе работы подшипников скольжения лежит эффект гидродинамического клина, а благодаря обильности подвода смазки она работают в режиме жидкого трения.

Для выяснения механизма возникновения автоколебаний рассмотрено движение вала в подшипнике. При решении задачи считается, что ротор имеет идеальную уравновешенность и его центр тяжести совпадает с центром вала

Рассмотрены случаи гидродинамического режима смазки и сухого трения в подшипнике. Получены уравнения движения и в обоих случаях проведен анализ условий возникновения автоколебаний. Наиболее подробно рассмотрены маятниковые и круговые автоколебания ротора.

## **МАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ – НОВОЕ МИРОВОЕ ОТКРЫТИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ**

Шкумат, Дедов

Идея удерживания объекта с помощью поля магнитных сил впервые появилась в середине 1800-х гг. С того времени было проведено много экспериментальных и теоретических исследований, после чего к 1960-х гг. использование магнитных подшипников стало реальностью.

За последние два десятилетия, получены новые технические решения, которые уменьшили размер, сложность и стоимость таких систем, делая их

экономически рентабельными для многих задач, которые ранее считались невыполнимыми.

В то же время, использование современной компьютерной техники уменьшило размер систем управления до размера ПК.

Магнитные подшипники имеют множество преимуществ по сравнению с обычными подшипниками. Во-первых, они не требуют смазочного слоя. Во-вторых, т. к. магнитные подшипники работают практически с нулевым трением и не имеют никаких контактирующих движущихся частей, то не существует износа, характерного для многих элементов центробежных машин.

В наши дни контроль состояния и работы магнитных подшипников осуществляется при помощи компьютерной техники, которая позиционирует вал и регулирует ток к приводам 10000 раз в секунду. Также имеется возможность сохранения параметров настроек в специальном файле для дальнейшего анализа.

Использование магнитных подшипников включает в себе значительную экономическую выгоду. Так, например, система магнитных подшипников потребляет лишь часть энергии, необходимую для обслуживания системы гидродинамических подшипников, вследствие того, что вращение происходит без контакта. Существенная экономия платы за электроэнергию может достигать почти 90000 евро ежегодно для турбомашин мощностью выше 1 МВт.

## **РАСЧЕТ ШПИЛЕК КРЫШКИ НАГНЕТЕНИЯ И УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ**

Новикова О.В.

С развитием техники проблемы герметизации непрерывно усложняются. Одной из наиболее важных и сложных проблем современного машиностроения является проблема герметизации роторов центробежных насосов и компрессоров, в которых перекачиваемая жидкая или газообразная среда находится под большим давлением. При этом необходимо предотвратить ее вытекание через неизбежные зазоры.

Учитывая количество насосов, работающих во всех отраслях промышленности, не сложно представить какое значение имеют уплотнения для насосов и компрессоров.

Таким образом, рассматривая контактные неподвижные соединения (прокладки), ставятся следующие задачи: необходимо выбрать такое усилие затяжки шпильки, при котором обеспечится уплотнение, затем проверить прочность шпильки при этом усилии.

Для этого определяется давление со стороны прокладки, которое должно быть больше уплотняемого давления, усилие на прокладку, усилие затяжки шпилек. Контроль усилия затяжки осуществляется или по величине крутящего момента на ключе, или по углу поворота гайки. Конечным расчетом является определение напряжения в шпильке

## **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ЦНС 60-330**

Золотарь Т.Н.

Основные узлы и детали современных высоконапорных центробежных насосов подвержены действию больших статических и динамических нагрузок. Так как к насосам предъявляются повышенные требования к их надежности, необходимо, чтобы действительные напряжения, возникающие в деталях насоса, даже при наиболее тяжелых условиях работы, не были выше допустимой величины. В некоторых случаях решающее значение имеет жесткость, так как малые по абсолютной величине деформации могут вызвать большие относительные изменения зазоров проточной части, что, как правило, сопровождается резким увеличением вибраций и делает невозможной нормальную эксплуатацию насоса. Поэтому высоконапорные насосы требуют достаточно точных расчетов напряжений и деформаций.

В работе предложена методика автоматизированного расчета на прочность основных деталей центробежного насоса ЦНС 60-330: вала, крышки со стороны нагнетания, секций и шпилек с использованием программного комплекса ANSYS.

## **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ НАСОСА СПИРАЛЬНОГО ТИПА**

Шевченко А.П.

Наибольшим коэффициентом полезного действия обладают насосы спирального типа. Это обеспечивается, прежде всего, за счет хорошей гидравлики проточной части, что в свою очередь приводит к усложнению конструкции корпуса насоса.

С ужесточением требований к надежности деталей насоса все более остро встает проблема по выбору методик расчета на прочность. Ранее применяемые методы дают лишь приближенные результаты, по которым с большей или меньшей погрешностью можно произвести оценку прочности. В последнее



время происходит интенсивное развитие компьютерных технологий, и появляются новые программы, позволяющие наиболее приблизить расчетную схему к реальности и с большой точностью определить напряженно-деформированное состояние тела.

В качестве такой программы была выбрана программа ANSYS 8.0. Был произведен расчет напряженно-деформированного состояния крышки и корпуса насоса Д 1000-50 в осесимметричной двумерной постановке. Расчетная схема была построена в программе Solid Works. В качестве граничных условий были приняты: давление на входе, давление на выходе из насоса, усилие затяжки болтов. Исходя из принятой методики расчета, сначала выполнялся расчет корпусных деталей при рабочих условиях, а затем для условий гидроиспытаний. В результате анализа напряженно-деформированного состояния были определены напряжения, по которым и производилась оценка прочности корпусных деталей насоса выполненных из стали и чугуна.

В дальнейшем будет рассмотрена трехмерная задача. Расчетная схема насоса уже создана в программе Solid Works, а в программе ANSYS 8.0 построена конечно-элементная модель. Рассмотрение трехмерной модели позволяет максимально приблизить постановку задачи к реальным условиям. На основании выполненной работы будет произведено сравнение результатов, полученных для двумерной и трехмерной модели насоса.

## **АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ЦНС 60-330**

Герасимова К.П.

Задача анализа динамических характеристик вращающихся конструкций, в частности, расчет критических скоростей роторов и исследование реакции конструкции на возможные дисбалансы – одна из наиболее важных при проектировании и доводке гидромашин.

Многие задачи, с которыми приходится сталкиваться исследователям, либо не поддаются аналитическому решению, либо требуют огромных затрат на их экспериментальную реализацию. Конечно-элементный анализ с помощью программы ANSYS значительно уменьшает расходы на проектирование и изготовление. Однако программа ANSYS представляет собой универсальный программный комплекс, в который заложена общая процедура метода конечных элементов, но при этом отсутствуют специальные модули для автоматизированного расчета отдельных деталей машин, в том числе и деталей центробежных насосов. Для создания отдельного модуля для расчета динамики ротора в программе ANSYS

требуется написание специальных подпрограмм макросов обеспечивающих автоматизацию построения расчетной модели, выдачу результатов расчета, а также создание графического интерфейса пользователя.

В работе приведены результаты расчета динамических характеристик ротора центробежного насоса ЦНС 60-330. Выполнен модальный и гармонический анализ динамики ротора с учетом упругих и демпфирующих свойств щелевых уплотнений и опор. Разработана подпрограмма автоматизированного расчета и проектирования.

## **СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Хоменко А.А.

В докладе рассмотрены принципы построения и функциональные возможности системы сбора, обработки и анализа измерительной информации на газоперекачивающем оборудовании станций магистральных газопроводов на примере ГПС "Сумская".

Все объекты магистральных газопроводов оборудованы современными средствами автоматизации, телемеханизации и контроля качества газа. Оперативно-диспетчерское управление технологическими процессами транспортирования газа осуществляется из центрального диспетчерского пункта в г. Киеве.

Для оценки технического состояния газовых агрегатов контролируется и постоянно регистрируется системой среднеквадратические значения виброскорости на подшипниковых опорах турбины. Оценка состояния осуществляется по сопоставлению измеренных значений с предельно допустимыми уровнями, установленными для используемых агрегатов на ГПС.

Проведенный анализ накопленной за последний год измерительной информации на станции ГПС «Сумская» Сумского ЛПУМГ показывает, что оборудование работает достаточно устойчиво. Однако на параметрах вибрации видимо сильно сказывается факт эксплуатации насосных агрегатов на ненормальных режимах, что затрудняет анализ в целом.

Обработка результатов наблюдений и анализа получаемой информации позволяет сделать ряд конкретных выводов об изменении состояния используемого оборудования а также выдать предложения о возможных путях совершенствования системы, связанных, в частности, с расширением возможностей диагностирования и прогнозирования ресурса насосных агрегатов.

## **ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Черевко А.А.

В настоящее время серьезной проблемой в коммунальной сфере остается эффективность использования скважинного оборудования и сокращение расходов на его эксплуатацию.

Строгое следование графику планово-предупредительных ремонтов (ППР) не позволяет решить эту проблему. Регламент ППР часто не согласуется с действительным состоянием и особенностью оборудования конкретной скважины, а также не учитывает условия ее эксплуатации.

Конкретная скважина отличается от среднестатистической, и является объектом с неповторимой комбинацией параметров. Поэтому одно оборудование служит дольше данного периода проведения ППР, другое меньше. Это приводит к тому, что для оборудования одних скважин сроки ППР оказываются чрезмерными, и они выходят из строя до наступления ремонта, а для других этот срок мал и их оборудование подвергают профилактическому ремонту, когда в этом еще нет необходимости. Практика показывает, что какой бы не была гибкой система ППР, она не может удовлетворять всем вариациям условий эксплуатации скважины, тем более что ремонт установок, в том числе и капитальный, проводится в основном не по графику ППР, а после наступления отказа.

Поэтому для оптимального использования ресурса, заложенного в установке, необходимо учитывать ее индивидуальное состояние и проводить ремонт по фактической потребности. Отсюда первостепенное значение приобретает задача определения фактического состояния оборудования скважины в процессе ее эксплуатации с целью установления фактической пригодности установки для дальнейшей работы, и тем самым фактической необходимости технического обслуживания и ремонта.

Переход к системе обслуживания по фактическому состоянию позволит исключить аварии, удешевить и сократить сроки ремонта. Мероприятия по переходу на систему обслуживания по фактическому состоянию предусматривают внедрение методов и средств диагностирования оборудования в межремонтный период, а также изучение физики характера и причин всех видов дефектов и отказов его элементов и узлов.

Решение проблемы определения фактического состояния оборудования в процессе его эксплуатации неразрывно связано с технической диагностикой, опирающейся на инструментальный контроль за состоянием оборудования.

Основу рассматриваемого оборудования составляют электроцентробежный насос и погружной электродвигатель, опускаемые в скважину на колонне насосно - компрессорных труб. Подобное размещение оборудования исключает визуальный контроль за его состоянием и существенно сокращает

объем инструментального. Поэтому диагностирование приходится проводить на основе незначительных по объему косвенных данных (давлению и расходу жидкости и силе тока, подаваемого на привод).

Информативность этих данных можно повысить за счет повышения точности проводимых измерений и определения частотного спектра измеряемого сигнала. Рассмотрение этой информации с учетом физики отказа машин позволит прогнозировать момент фактически потребной остановки оборудования на ремонт и указать причину этого ремонта.

Указанные выше традиционные измерения следует дополнить измерениями вибраций водогонной трубы, вызываемой потоком протекающей по ней жидкости. Частотный состав пульсирующего давления жидкости содержит информацию об источнике этих пульсаций – электронасосном агрегате. Методы анализа этого спектра традиционны для вибродиагностики и позволяют указывать с большой долей вероятности сроки и причину ремонта подконтрольного оборудования.

Проведение параллельных принятых для скважин и традиционных для вибродиагностики измерений позволит создать несколько вариантов достоверных методик оценки фактического технического состояния скважинного оборудования, использующих либо уточненные традиционные измерения, либо комбинацию традиционных и принятых в вибродиагностике методов измерения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Гудков С.Н.

С развитием техники проблема герметизации непрерывно усложняется. Одной из наиболее важных проблем современного конструирования насосного оборудования является проблема герметизации вращающегося вала. Выход из строя уплотнения приводит к большим потерям энергии, сырья, пресной воды, к загрязнению окружающей среды. Поэтому проблема герметизации является одной из наиболее актуальных задач при разработке насосного и компрессорного оборудования во всем мире.

Наиболее распространенным типом уплотнений роторов насосов все еще остаются сальниковые уплотнения. Это объясняется простотой и дешевизной конструкции узла, легкостью перемотажа, отсутствием внезапных отказов и возможность работы в широком диапазоне давлений, скоростей скольжения, температур и сред. Однако, несмотря на то, что сальниковое уплотнение достаточно давно применяется, как уплотнение роторных машин, теоретические исследование его начаты сравнительно недавно (начало 20 ст.). Попытки расширить теоретические исследования не удается из-за ряда

возникающих при этом трудностей. Сложность теоретического описания работы сальникового уплотнения определяется такими факторами: характером плетения набивки, предборочной подготовкой уплотнения, технологией сборки, параметрами уплотняемой среды. Все эти факторы сложно учитывать в расчетных зависимостях. Поэтому в литературе по сальниковым уплотнениям видны расхождения в выводах.

В данной работе проанализированы существующие методы расчета сальниковых уплотнений. Выбраны перспективные конструкции сальниковых уплотнений. Отработана методика определения физико-механических свойств сальниковой набивки. Произведен расчет перспективных конструкций радиальных сальниковых уплотнений.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ ТОРЦОВЫХ САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ С ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ**

Гнатенко С.С.

Широкие возможности расширения сферы применения сальниковых уплотнений связаны с торцовым сальниковым уплотнением (ТСУ) одним из элементов пары трения, которого является разъемное кольцо сальниковой набивки. Обслуживание такого уплотнения сводится лишь к замене набивки и в тоже время обеспечивается ресурс уплотнительного узла в целом сравнимый с ресурсом агрегата. Они успели уже достаточно хорошо себя зарекомендовать в насосном оборудовании и показали хорошие характеристики.

Несмотря на эти преимущества, торцовые сальниковые уплотнения являются достаточно перегруженными. Для обеспечения необходимой герметичности требуется значительно меньшие контактные давления сравнимые с контактными давлениями поджатия пружинами. Поэтому необходимо применять соответствующие конструктивные мероприятия по разгрузке пары трения, обеспечивая при этом работу уплотнения в режиме смешанной смазки с минимальными коэффициентами трения и минимальными протечками.

В работе разработаны новые конструкции торцовых сальников со специальной формы канавками, выполненными на торцовой поверхности металлического диска, обеспечивающие гидродинамическую разгрузку пары трения и обратное нагнетание части потока жидкости в зазоре уплотнения в сторону рабочей среды. Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность новых конструкций уплотнений.

Разработана инженерная методика расчета торцовых сальниковых уплотнений с гидродинамической разгрузкой пары трения.

## **СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИМПУЛЬСНЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Грибиниченко А.И.

Поиски компромиссных решений привели к разработке своеобразного промежуточного типа торцовых уплотнений, так называемых импульсных уплотнений. В таких уплотнениях увеличение жесткости достигается за счет дискретных импульсов давления, создаваемых в моменты сообщения камер с уплотняемой полостью каналами, расположенными на вращающемся диске. Благодаря торцовому уплотнению с внешним подводом жидкости в разгрузочные камеры от многосекционного плунжерного насоса питание каждой камеры осуществляется отдельной секцией. Эти уплотнения являются реверсными по отношению к уплотняемому перепаду давления, что очень важно для внутренних уплотнений, разделяющих полости с рабочей и буферной жидкостями.

Выше перечисленные преимущества импульсных уплотнений дают возможность их широкого использования в современной технике. Они достаточно полно удовлетворяют возросшим требованиям по надежности и герметичности, поэтому их совершенствование имеет большое практическое значение.

Однако, как и обычные гидростатические уплотнения, импульсные уплотнения не идеальны, и в условия высоких температур и давлений допускают утечки уплотняемой среды наружу. Это в свою очередь отрицательно сказывается на экологии окружающей среды, экономичности работы роторных машин. Чтобы обеспечить надежную и длительную работу импульсных уплотнений с малой утечкой, проводят статический расчет, который сводится к построению статической характеристики – зависимости торцового зазора от уплотняемого давления и зависимости расхода от уплотняемого давления.

## **ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Зуева Е. В.

Развитие уплотнительной техники тесно связано с общим развитием машиностроения и зависит от прогресса в различных областях техники.

Уплотнения роторов должны удовлетворять двум главным условиям: обладать герметичностью при высоких перепадах давления и обеспечить работоспособность подвижного соединения ротора со статором при больших относительных скоростях. Это привело к формированию двух основных групп уплотнений: контактные и бесконтактные.

Мы более подробно остановимся на бесконтактных уплотнениях. Которые характеризуются наличием гарантированного зазора между уплотняющими поверхностями, поэтому эти уплотнения работают с постоянной утечкой, но практически без износа и это позволяет не нарушать нормальную работу уплотнения.

А что касается импульсных уплотнений то они лишены многих недостатков. Импульсные уплотнения содержат аксиально подвижную втулку, уплотненную резиновым кольцом и пружинами поджатыми к опорному диску, жестко закрепленному на роторе. Работа уплотнения основана на том, что осредненное за период между впрысками уплотняемой жидкости давление в каждой из камер тем больше, чем меньше торцовый зазор и чем больше частота вращения ротора. Испытания различных торцовых уплотнений, а также многолетний опыт эксплуатации подтверждают высокие эксплуатационные качества импульсных уплотнений.

Работа импульсных уплотнений сопровождается сложными нестационарными гидродинамическими процессами, математического описания которых представляют огромные трудности. Большой успех в решении задачи динамического расчета зависит от правильности выбора упрощенной расчетной модели, которые можно сделать лишь на основании экспериментов.

Прежде всего для вычисления осевой силы нужно определить изменение давления по зазору. вследствие того, что осевая сила вычисляется интегрированием некоторой упрощенной эпюры давления, для оценки точности расчета необходимо иметь экспериментальные значения силы при различных торцовых зазорах. Таким образом, основная цель этого эксперимента – измерять давление в зазоре, осевой силы, действующей на торцовую уплотняющую поверхность, и величины торцового зазора.

## **КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП РАБОТЫ И РАСЧЕТ ДВОЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО УПЛОТНЕНИЯ**

Крисанова А.С.

Повышение надежности центробежных машин является актуальной научно-технической проблемой. Это обусловлено ростом рабочих

параметров и, одновременно, высокими требованиями к экономичности и безопасности как отдельных агрегатов так и технических установок в целом.

Надежность и безопасность роторных машин во многом определяется уплотнениями роторов. В докладе рассмотрена конструкция и принцип работы двойных импульсных уплотнений с трубчатыми питателями. Такие уплотнения благодаря подводу запирающей жидкости или газа позволяют полностью исключить выход перекачиваемых продуктов в атмосферу. В тоже время конструкция компактна, так как обе ступени расположены поаксиально и выполнены на одном кольце.

Приведен статический расчет уплотнения, позволяющий построить зависимость торцового зазора и расхода запирающей среды от соотношений давлений уплотняемой и затворной жидкости. Даны практические рекомендации по выбору оптимальных геометрических параметров уплотнений.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Коржиневский Е.В.

С ужесточением требований к экологической безопасности проблемы герметизации машин и оборудования становятся все более актуальными. Особенно сложны и ответственны задачи герметизации вращающихся валов центробежных насосов и компрессоров, перекачивающих агрессивные, токсичные, радиоактивные, взрыво- и пожароопасные жидкости и газы. Для предотвращения неконтролируемых протечек таких сред используются двойные, чаще всего механические торцовые уплотнения с внешним подводом нейтральных запирающих жидкостей или газов.

В работе рассмотрены двухступенчатые уплотнения с коаксиальным расположением ступеней, созданные на основе хорошо зарекомендовавших себя импульсных торцовых уплотнений. Как известно, импульсные торцовые уплотнения появились более 25 лет назад. Первоначально они предназначались для герметизации жидких сред и использовались в насосах ТЭС и АЭС. В последнее время эти уплотнения находят свое применение и для герметизации валов насосов химических производств.

Целью работы было проведение экспериментальных исследований новых конструкций затворных импульсных уплотнений с последующим анализом полученных результатов и проверкой методики расчета.

По сравнению с газодинамическими сухими газовыми уплотнениями импульсные уплотнения имеют существенные преимущества. Прежде всего, это:



- надежность и простота конструкции;
- реверсивность;
- работоспособность при попадании в уплотнение жидкости;
- хорошая ремонтпригодность (импульсные уплотнения успешно работают даже при наличии некоторого износа торцовых поверхностей, в условиях эксплуатации торцовые поверхности могут перетираться не менее 2 раз).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ**

Кочерга С.С., Прихожай Е.В.

Приводятся дальнейшие исследования модели течения вязкой жидкости, альтернативной существующей. предложенная модель основана на представлении движения «жидкой» среды как результата деформации «жидких» объектов. опытная проверка модели указывает на различный характер рассеивания энергии по потоку и в поперечном потоку направлении. На основании этого выполнена корректировка математической модели в рамках принятой физической модели течения жидкости до одинакового в каждой точке потока и независящего от направления коэффициента диссипации энергии.

В работе приводится вывод уравнений деформационной модели движения жидкости. Опытная проверка уравнений апробирована на ранее полученном материале по движению жидкости в цилиндрической трубе круглого сечения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА “MATHCAD”**

Гончаренко А.В.

Системы MathCAD традиционно занимают особое место среди множества таких систем (Eureka, Mercury, MatLAB, Mathematica, Maple и др.) и по праву могут называться самыми современными, универсальными и массовыми математическими системами. Они позволяют выполнять как численные, так и аналитические (символьные) вычисления, имеют чрезвычайно удобный математико-ориентированный интерфейс и

прекрасные средства графики

В системе MathCAD реализованы современные численные методы компьютерной математики в сочетании с мощными средствами графической визуализации. Система применима для расчетов практически в любой области науки и техники. Например, при математическом моделировании механических устройств и систем, в частности в динамике, гидродинамике, аэродинамике, акустике, энергетике и т. д.

Используя возможности MathCAD применительно к исследованию и расчету характеристик вибросигналов, можно реализовать разнообразную технику их фильтрации и новейшие алгоритмы спектрального анализа. Современный графический интерфейс позволяет просматривать и визуально оценивать характеристики сигналов, проектировать и применять фильтры, производить спектральный анализ, исследуя влияние различных методов и их параметров на получаемый результат.

В данной работе приведены примеры практической реализации перечисленных возможностей.

Таким образом, MathCAD предоставляет широкие возможности пользователю по исследованию и расчету характеристик вибросигналов, например для целей диагностики технического состояния машин и механизмов.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB**

Барвинский С.А., Коваленко Е.Ю.

Система MATLAB представляет собой коллекцию реализаций современных численных методов компьютерной математики в сочетании с мощными средствами графической визуализации и анимационной графики.

Система применима для расчетов практически в любой области науки и техники. Например, при математическом моделировании механических устройств и систем, в частности в динамике, гидродинамике, аэродинамике, акустике, энергетике и т. д. Этому способствует наличие пакета расширения Simulink, специально предназначенного для решения задач блочного моделирования динамических систем и устройств, а также обширного комплекса прикладных программ.

Одной из таких прикладных программ является Signal Processing Toolbox (SPTool) - мощный пакет по анализу, моделированию и проектированию устройств обработки всевозможных сигналов, обеспечению их фильтрации и множества преобразований. Пакет SPTool обеспечивает

обширные возможности создания программ обработки сигналов для современных научных и технических приложений. В нем используется разнообразная техника фильтрации и новейшие алгоритмы спектрального анализа. Основные свойства пакета:

- моделирование сигналов и линейных систем;
- проектирование, анализ и реализация цифровых и аналоговых фильтров;
- быстрое преобразование Фурье и другие преобразования;
- оценка спектров и статистическая обработка сигналов;
- параметрическая обработка временных рядов;
- генерация сигналов различной формы.

Современный графический интерфейс позволяет просматривать и визуально оценивать характеристики сигналов, проектировать и применять фильтры, производить спектральный анализ, исследуя влияние различных методов и их параметров на получаемый результат.

Пакет SPTool является основой для решения многих других задач. Например, комбинируя его с пакетом Image Processing, можно обрабатывать и анализировать двумерные сигналы. В паре с System Identification пакет SPTool позволяет выполнять параметрическое моделирование систем во временной области. В сочетании с пакетами Neural Network и Fuzzy Logic могут быть созданы средства для обработки данных или выделения классификационных характеристик.

Таким образом, программа SPTool предоставляет широчайшие возможности пользователю по обработке сигналов, в частности для целей вибродиагностики технического состояния машин и механизмов.

## **КРАЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ В ДВУХСЛОЙНОЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО ИЗОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЕ С ДЕФЕКТАМИ СТРУКТУРЫ**

Жигилий Д.А.

Изготовление и эксплуатация слоистых конструкций из композиционных материалов (КМ) приводит к образованию тонких неоднородных межфазных прослоек, различного рода структурных несовершенств таких, как участки непрочности или отслоения, на границах контакта сопряженных слоев. Предположение о том, что в расчетных моделях перемещения и напряжения при переходе через границу контакта сопряженных слоев непрерывны, существенно нарушается. Для учёта такого рода несовершенств решаются задачи о контактном взаимодействии между жесткими слоями оболочки, когда зона контакта неизвестна. Поэтому актуальна разработка новых

математических моделей и методов расчета слоистых конструкций со структурными несовершенствами на прочность и устойчивость.

При построении теории тонких многослойных пластин и оболочек, как правило, применяются два различных подхода, которые получили название феноменологического и дискретно-структурного.

При феноменологическом подходе кусочно-неоднородная по толщине слоистая пластина или оболочка рассматриваются как квазиоднородные с приведенными упругими характеристиками. Порядок получающихся при этом уравнений не зависит от числа слоев. При дискретном подходе учитывается неоднородность строения оболочки введением кинематических или статических (или кинематических и статических) гипотез для каждого отдельного слоя. Порядок получающихся при этом уравнений зависит от числа слоев, но эти уравнения позволяют учитывать локальные эффекты на границах контакта слоев. Поэтому именно дискретный подход оказался пригодным, в частности, для расчета многослойных конструкций с различного рода несовершенствами структуры материалов.

В докладе предлагается вариант расчета двухслойной трансверсально изотропной круглой пластинки, состоящей из двух жестких слоев. Контакт слоев осуществляется при помощи клеевой прослойки. Допускается, что на некотором локальном участке пластинки или оболочки клеевая прослойка отсутствует, поэтому в этой области учитывается односторонний контакт между жесткими слоями. Задача решается на основе геометрически нелинейной теории пластин и оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига и при помощи программного комплекса ANSYS 8.0, реализующего МКЭ.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена установка, схема которой показана на рисунке 1. Установка позволяет испытывать пластинки при действии равномерного давления.

Прогибы пластинки измерялись при помощи индикаторов часового типа с точностью до 0,01 мм.

Для измерения деформаций использовались тензорезисторы КФ4П1-3-200. Точки наклейки тензорезисторов на испытываемые пластинки показаны на рис. 2.2 – 2.4. Среднее значение коэффициента чувствительности равно –  $K = 2,0 \cdot 10^{-6}$ . Наклейка тензорезисторов осуществлялась согласно инструкции по наклейке АЖВ2.782.001 ТО. Для измерения выходных сигналов тензорезисторов и представления отсчетов в цифровом виде использовалась измерительная система СИИТ-3.

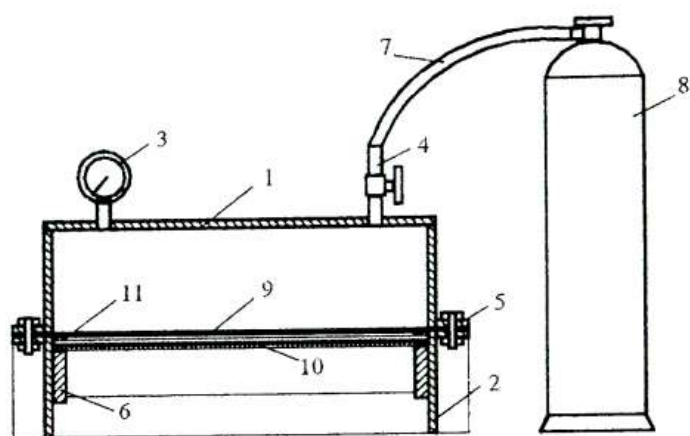


Рисунок 1 - Испытательная установка для экспериментальных исследований изгиба пластин из композиционных материалов при действии равномерно распределенной нагрузки: 1 - крышка, 2 - подставка, 3 - манометр, 4 - переходной кран, 5- фланцы, 6 - опорный столик, 7- соединительный шланг, 8 - баллон, 9 - эластичная прокладка, 10- исследуемая пластинка, 11- съёмная нажимная пластина

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования дают возможность сделать такие выводы: математическая модель многослойных пластин и оболочек, когда контакт между жесткими слоями осуществляется при помощи мягкой клеевой прослойки, позволяет учитывать влияние дефектов структуры материала в виде участков непрочности. При этом на границе участка непрочности имеет место краевой эффект, протяженность зоны которого не превышает двух толщин пластинки. Величину изменения продольных напряжений в жестких слоях оболочки на границе участка непрочности в значительной мере определяет длина участка непрочности. Кроме того, на границе непрочности в клеевом слое возникают значительные напряжения трансверсального обжатия.

Проведенные испытания трансверсально изотропных пластинок из стеклопластика показали существенную зависимость напряженно-деформированного состояния такого рода конструкций от условий закрепления. Это явление, характерное для конструкций из сильно анизотропных материалов, представляет собой специфическое проявление принципа Сен-Венана. Анизотропия при определении упругих свойств предъявляет повышенные требования к форме и размерам образца, для исключения краевых эффектов (выбору расстояния от захватов до рабочей части), способу передачи нагрузки и закрепления образца, направления армирования. Прочностная анизотропия при неправильном выборе схемы нагружения и закрепления приводит к изменению механизма разрушения, например к расслоению или «перекусыванию»

образца в его опорной зоне. При выборе ширины образца важно избежать эффекта «перерезанных нитей» и «кромочного эффекта» — появления опасных межслоевых напряжений.

Отмечается, что при отношении прогиба пластинки к ее толщине порядка единицы традиционная линейная теория анизотропных пластин и оболочек дает приближенные результаты, особенно, в зонах краевых эффектов.

## **МАНЖЕТНЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА**

Головач Р.

Вращательные эластомерные манжетные уплотнения вала являются вероятно самым общим видом динамического уплотнения. Стандарт ISO для этих уплотнений существовал много лет, и периодически обновляется в соответствии с изменением технических и административных условий. Поскольку пластичные уплотнения, особенно изготовленные из PTFE, стали популярными, параллельно были введены нормы стандартизации этих уплотнений.

Вращательные манжетные уплотнения вала обычно используются для уплотнения жидкости под давлением от 0 до 30 кПа (0,3 кристалла) выше атмосферного. Они прежде всего используются для герметизации масла и смазок при эксплуатации. Однако, они могут также, использоваться для герметизации или исключения протекания воды и других жидкостей.

В начале, мы должны сказать о Международной организации по стандартизации 6194. Это — нормы ISO касающиеся эластомерных уплотнений вала, и рассматривают такие принципы при работе и установке уплотнений:

- 1: Номинальные размеры и допуски.
- 2: Словарь.
- 3: Запоминающее устройство и оборудование.
- 4: Методики испытаний рабочих характеристик
- 5: Идентификация визуальных дефектов.

Соперником Международной организации по стандартизации 6194, в Великобритании стало Бюро стандартов США 1399. Эти нормы покрывали те же самые технические участки что и Международная организация по стандартизации 6194, но были разделены только на три части.

Хотя первоначально Международная организация по стандартизации 6194-4 проводила очень хорошие динамические испытания, но по некоторым причинам не проводила низкотемпературных испытаний. К счастью такие испытания были включены в Бюро стандартов США 1399. Поэтому, эти недостатки были исправлены в Британском стандарте.

В 80-ых годах использование манжетных уплотнений вала, включающих PTFE элементы герметизации, стало обычным. В то время как

уплотнения из PTFE использовались главным образом в нефтехимической промышленности для герметизации агрессивных жидкостей.

Хотя функция таких уплотнений подобна эластомерным вращательным уплотнениям вала, разработанным Международной организацией по стандартизации 6194, новые уплотнения имели полностью другую структуру.

## **РАЗРАБОТКА ФРИКЦИОННЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ И ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ**

Коровяковский

В последние годы возрастает использование фрикционных удерживающих трение полимерных уплотнений с целью уменьшения утечек в центробежных компрессорах и паровых турбинах. В этом докладе рассказывается о разработке фрикционного кремнийорганического (сидиконового) каучука, приклеивающегося к металлической подложке. Проведенные испытания полимерных лабиринтных уплотнений, изготовленных из различных форм заполненного углеродом полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полиамида (ПАИ) позволили оценить воздействие сильного трения на деформацию и износ при разных температурных условиях. В процессе испытаний было доказано увеличение эффективности при применении истираемых уплотнений в центробежных компрессорах и паровых турбинах.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИКИ ОТКАЗА МАШИН ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ИХ РЕСУРСА**

Жульов С.А.

Изучение влияния физики отказа при прогнозировании ресурса машин является актуальной проблемой сегодняшнего дня. Изменение начальных свойств и состояния материалов, из которых выполнено изделие, является первопричиной потери им работоспособности. Чем глубже изучены закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояния материалов, тем достовернее можно предсказать поведение изделия в данных условиях эксплуатации и обеспечить сохранение показателей надежности в требуемых пределах. Нельзя точно предсказать, как будет протекать процесс повреждения материала, т.к. при эксплуатации машины происходят непредвиденные изменения колебаний нагрузок, скоростей, температур,

степени загрязнения поверхностей. Более того, сами детали машины могут быть выполнены с различными допусками на технологические параметры (точность, однородность материала и др.). Процессы старения характеризуются сложными и разнообразными явлениями, происходящими в материалах деталей машин. По внешнему проявлению деформации детали, ее износу, изменению свойств и другим показателям, можно судить о степени повреждения материала детали и оценить близость изделия к предельному состоянию.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА РОТОРНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ФИЗИКИ ИХ ОТКАЗА**

Морозов Д.С.

Центробежный насос в процессе своей эксплуатации пребывает во множестве технических состояний, последовательно переходя из одного состояния в другое. Время, затрачиваемое на этот путь, называется ресурсом машины. Всю совокупность возможных эксплуатационных состояний, условно разделяют на три области.

Для прогнозирования технического состояния необходимо перейти к временным зависимостям, напрямую характеризующим зависимость от времени деградационных процессов, происходящих с насосом в течение его эксплуатации. В этом смысле прогнозирование технического состояния смыкается в определенной степени с теорией надежности машин, основой для решения задач которой являются так называемые законы старения машины. Эти законы оценивают повреждение конструкционного материала машины и изменения ее сборочного состояния в функции времени. Типичным примером таких зависимостей являются законы износа материала, процессы коррозии, оценки скорости развития усталостной трещины, данные о протекании процессов ползучести, изменение коэффициентов трения при работе сопряжения, коробление конструкций от остаточных напряжений, изменение во времени свойств полимерных материалов и т.п.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРНЫХ МАШИН**

Холод В.Б.

На практике техническое состояние насоса характеризуется комплексом неисправностей, имеющих различную степень развития. В этом случае необходимо давать заключение о техническом состоянии (ставить диагноз),



исходя из анализа характера совокупного развития неисправностей, имеющих на момент постановки диагноза. Для решения данной задачи пользуются методами теории распознавания образов, что делает вибродиагностику машин одним из технических приложений этой теории.

В понятиях теории распознавания образов определение состояния объекта диагностирования - это отнесение предъявленного к распознаванию образа к одному из возможных классов технических состояний (диагнозов) с помощью специально разработанного решающего правила. Эта задача может быть решена, как детерминистскими методами, учитывающими наиболее существенные стороны явления, так и методами статистической теории при наличии большого объема информации.

## **ВЕКТОР СИЛЫ В СТАТИКЕ И ДИНАМИКЕ**

Калиниченко П.М.

Из векторного анализа - векторы бывают свободные, скользящие и связанные. В механике сила есть вектор скользящий - вектор, который не изменяя оказываемого на тело действия можно по линии действия переносить в любую другую точку. Данное утверждение вытекает как следствие из первой и второй аксиом статики. свойство вектора силы, как скользящего, перенесено в динамику твердого тела. Поэтому динамика твердого тела построена на векторе силы, как на скользящем векторе. В статике сила - вектор скользящий - вытекает из опыта.

В предлагаемой работе уравнения динамики твердого тела приведены к виду в котором выделено слагаемое зависящее от формы вектора силы. Скользящему вектору силы отвечает одна динамика твердого тела, связанному - другой закон движения твердого тела.

Как и исследованию силы в статике, и основному закону динамики точки предшествовал опыт, поэтому, дать ответ на вопрос: сила в динамике вектор связанный или скользящий - может только опыт. Проведенный ряд исследований по динамике плоскопараллельного движения твердого тела однозначно отвечает - сила в динамике и статике - различные векторы. В статике сила - вектор скользящий, в динамике сила - вектор связанный. На основании этого уточнено уравнение динамики твердого тела. Опытная и расчетная проверки полученного уравнения хорошо согласуются.

## **ТЕОРЕМА ДИНАМИКИ О ПРИВЕДЕНИИ СИСТЕМЫ СИЛ К ПРОИЗВОЛЬНОМУ ЦЕНТРУ**

Калиниченко П.М.

На основании полученного результата, согласно которому сила в динамике есть вектор связанный, приведение системы сил к данному центру, а, следовательно, и к центру масс представляет отдельную нерешенную задачу. Для ее решения сформулирована теорема о параллельном переносе связанного вектора, согласно которой силу, как связанный вектор, не изменяя оказываемого на тело действия можно переносить параллельно самому себе в любую другую точку тела, прибавляя при этом скользящий вектор пары сил. Дальнейший перенос вектора, уже скользящего, выполняется согласно известным в механике теоремам.

Таким образом система сил в динамике, как связанных векторов, при приведении к произвольному центру (центру масс) заменяется тремя векторами приложенными в центре приведения: вектором силы, вектором момента пары сил и вектором, представляющим пару векторов моментов пары сил.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОЧКИ**

Калиниченко П.М.

В рамках проводимых исследований по динамике твердого тела, выполнено исследование динамики точки. Изучая поступательное движение твердого тела по наклонной плоскости, замечено отклонение закона движения тела от основного закона динамики. Для увеличения диапазона измерения параметров, а следовательно уменьшения погрешности измерения, проводилось бросание металлического шарика с различной высоты (20 м, 50 м) и скольжение шарика со скобой по натянутой наклонной струне длиной 8 м. Картина движения тела оказалась парадоксальной. При вертикальном движении тела отклонении от основного закона динамики уходит в одну сторону, при скольжении по струне - в другую сторону. Если обобщить характеристику эксперимента, то в рамках его погрешности, отчетливо просматривается точка пересечения кривых, параболы основного закона динамики и опытной кривой. Точка пересечения, примерно приходится на хорошо исследованную область движения тела, приведенную в литературных источниках, которая дает неплохое совпадение теории и опыта. Имеющиеся отклонения расположены за пределами исследованной области, поэтому не исключена возможность достоверности полученного результата.

В предлагаемом научном докладе приводятся опытные исследования и дается анализ полученного результата.

## **АНАЛИЗ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ДРЕВНЕГО МИРА**

Скорик А., шк. № 6

При рассмотрении вопросов прочности, устойчивости, жесткости конструкций, их геометрической неизменяемости, статической определимости и неопределимости важнейшим является выбор расчетной схемы как отдельного элемента так и всего сооружения в целом. В этой связи возникает закономерный вопрос, как могли наши предки, не имея ни условий расчета по разрушающим усилиям, ни условий прочности, ни расчета по предельным состояниям, могли построить такие прекрасные культовые сооружения как: храм Деметры (Греция, Афины, VI в. до н.э.), Храм Ники (Греция, Афины, в. 449-421 г. до н.э.), Парфенон (Греция, Афины, 447-438 г. до н.э.) и др.

Ответ может быть только один, с учетом принципа дидактики, все было взято у природы. Задача данной работы попытаться проанализировать определенные соотношения, закономерности, между:  $H$  - высотой отдельных элементов,  $L$  - пролетом,  $A$  - площадью сооружения и соотношений рельефа местности  $H$  - высотой,  $L$  - длиной,  $A$  - площади.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ ФЕРМЫ**

Костырев И., шк. №6

Для данной схемы фермы определялись опорные реакции, усилия в элементах фермы: верхнем и нижнем поясе, решетки. Способы определения усилий: аналитический и графический. Сопоставлялись результаты расчетов. Кроме этого усилия определялись способом «моментной» точки. После изменения точек приложения внешних сил был рассмотрен вариант применения шпренгельной фермы. Усилия в шпренгельной ферме определялись аналитическим и графическим способом. Анализ результатов расчета позволил дать рекомендации о целесообразности применения шпренгельных ферм.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ И ПОДБОР СЕЧЕНИЙ**

Назаренко Р., шк. №25

Определение усилий в ферме проводилось способом вырезания узлов, предварительно находились опорные реакции. Выполнялась проверка расчета. После нахождения усилий в нижнем и верхнем поясе, решетки с

учетом симметрии фермы и схемы нагружения, были построены эпюры продольных усилий. Затем проводился подбор сечений элементов исходя из условия прочности.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ПЛОСКОЙ СИСТЕМЕ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ, ЦЕНТРОВ ТЯЖЕСТИ СЛОЖНЫХ ФИГУР**

Васильев Я., шк. №23

Рассматривались: 7 задач по определению опорных реакций в балках, рамах, фермах; две задачи по определению усилий в пространственной системе сходящихся сил, две задачи по определению центров тяжести сложных фигур, составленных из простых. Давался анализ решения каждой задачи. Выполнены проверки решения.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ УСИЛИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТЕЛА ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ**

Гущин А., шк. №25

Исследовано нахождение реакции опоры, силы трения при движении тела по наклонной плоскости в случае изменения угла от  $0^\circ$  до  $70^\circ$  с градацией угла через  $10^\circ$ . Наклонная плоскость и тело выполнялось из различных материалов: как бетон и резина, сталь и сталь, дерево и дерево. На основании расчетов делались соответствующие выводы.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ, ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ, ЦЕНТРОВ ТЯЖЕСТИ ФИГУР**

Гончар С., Вергиль Д., шк. №7,  
Лазаренко С., Матвиенко Б., шк №25

В каждой работе рассматривались 3 типа задач: определение усилий в плоской системе сходящихся сил, определение усилий в плоской системе произвольно расположенных сил, и центров тяжести сложных фигур, составленных из простых. Усилия в элементах фермы выполнялись способом «вырезания узлов» и «моментной точки», опорные реакции находились с учетом принципа «освобожденности от связей». Нахождение главных центральных осей сложных фигур выполнялось аналитическим способом. Давался анализ решения.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЕЕ НАГРУЖЕНИЯ**

Бурый А., шк. №7, Чередниченко С., г. Белополье, дом детей и юношества,  
Шаповал В., шк. №25, Пинятин С., шк. №7

В данных работах рассматривалось нахождение усилий в элементах фермы при изменении угла наклона внешнего силового фактора. Усилия определялись аналитическим способом. Давался графически анализ найденным усилиям. Определялись элементы фермы, где усилия принимали максимальные значения, где минимальные. Давались соответствующие рекомендации.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В МНОГОПРОЛЕТНЫХ ШАРНИРНЫХ БАЛКАХ С ПОСТРОЕНИЕМ ПОЭТАЖНЫХ СХЕМ**

Вакула Д., шк. №7

Задачи по определению опорных реакций в данных балках решались путем построения поэтажных схем. В последних присутствовали: основные балки, передаточные балки и подвесные. Всего было решено девять типов задач. Дается краткий анализ решения и общие выводы.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ АРКАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ НАГРУЖЕНИЯ**

Шульга Р., шк. №7

Рассмотрено 16 задач с различными схемами нагружения арок: вертикальным, горизонтальными и совместным.

Составлялось 4 независимых уравнения статики. В результате решения выбиралась самая неблагоприятная схема нагружения с точки зрения значения опорных реакций как вертикальных, так и горизонтальных.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ОПОРАХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ**

Рожков С., шк. №7, Кривошеев С., г. Белополье, дом детей и юношества

Для определения опорных реакций пространственной системы произвольно расположенных сил составлялось 6 независимых уравнений статики.

Рассматривалось 6 типов задач с различными схемами нагружения и расположением сферического шарнира, цилиндрического шарнира и тяги. Проводился анализ решения. Все данные по определению ВСФ вносились в таблицу.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В АРКАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЗАГРУЖЕНИЯ И РАЗЛИЧНОЙ СТРЕЛЕ ПОДЪЕМА**

Качан С., г.Белополье, дом детей и юношества

Рассмотрено несколько схем нагружения статически определимых арок и криволинейных стержней равномерно распределенной нагрузкой  $q$ , которая действовала в вертикальном и горизонтальном направлениях. При одинаковом пролете  $L$  изменялась высота подъема  $f$ . Для каждого варианта нагружения предложено 5 расчетных схем. Результаты расчетов по определению  $V$ ,  $H$ ,  $M_p$  сведены в таблицу. В следующем учебном году планируется построение ВСФ.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ, ЦЕНТРОВ ТЯЖЕСТИ СЛОЖНЫХ ФИГУР, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ ПРОСТЫХ И ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ**

Яловчук А., Чередниченко Ю., г. Белополье, дом детей и юношества,  
Сиконенко О. шк. №6,

Для определения центров тяжести сложных фигур, составленных из простых использовались аналитические формулы:

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} \quad x_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

В случае симметрии фигуры вычислялась одна из двух координат  $x_c, y_c$  в зависимости от оси симметрии. Строились ядра сечений.

Для определения опорных реакций в плоской системе произвольно-расположенных сил составлялось 3 независимых уравнения статики. Вычислялись усилия в элементах фермы способом «вырезания узлов» с учетом метода сечений.

Проводились соответствующие выводы.

## **ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛЯРНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ**

Горобченко Д.В., Авраменко В.В.

### ***Введение***

При обучении на дистанционном отделении студент не имеет возможности постоянно держать связь с руководителем по выполняемой работе. Поэтому он может совершать определенные систематические ошибки, а преподаватель не может эти ошибки вовремя обнаружить и указать студенту на их наличие. Таким образом, студент не может получить предварительной оценки выполняемой работы, до самого момента ее сдачи.

### ***Постановка задачи***

Необходимо разработать экспертную систему предварительной оценки знаний студентов дистанционной формы обучения. Студент должен получить возможность предварительного оценивания выполненного задания, не связываясь со своим руководителем по данному заданию. Экспертная система, по возможности, должна, кроме расчета предварительной оценки за выполняемое задание, указывать на недоработки или давать определенные советы по выполнению работы. Наличие этих указаний и их форма должны определяться самим руководителем работы.

### ***Выбор метода решения***

Данную задачу возможно решить спроектировав компьютерную интеллектуальную систему, используя возможности искусственного интеллекта. Но при данном подходе необходимо будет внести всю базу знаний по необходимому предмету и смежным дисциплинам. Кроме того проблема искусственного интеллекта еще до конца не изучена и не развязана. Поэтому необходимо использовать более простой алгоритм оценивания. Решением задачи может стать использование регулярных выражений, в которых будут определяться правила для каждого задания, по которым будет происходить оценка работы студента. В таком слу-



чае, для каждого задания составляется список регулярных выражений. Для каждого выражения определяется оценка, которая будет начисляться, в случае, если оно успешно выполняется для проверяемой работы. Если регулярное выражение не выполняется, бал не начисляется. В таком случае можно дать студенту совет или задать наводящий вопрос, который поможет студенту выявить ошибку и исправить ее.

### *Решение поставленной задачи при помощи использования регулярных выражений*

Метод оценки задания представляет собой список регулярных выражений, то есть правил, по которым будет рассчитываться общий бал за оцениваемую работу.

Синтаксис записи регулярных выражений:

$\langle \text{RegВыр} \rangle [ \langle \text{оценка} \rangle ] : ( E \mid S \mid \langle \text{RegВыр} \rangle )^*$

где:

- S – специальный символ;
- E – символ алфавита.

$\langle \text{оценка} \rangle$  - это величина, служащая для оценивая выполненного задания. Ее необязательно указывать при описании регулярных выражений, в таком случае его выполнение или не выполнение не влияют на общую оценку.

Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$\text{оценка} = \frac{\text{насчитано}}{\text{сумма}} * 100,$$

где

- насчитано – сумма оценок для регулярных выражений, которые были выполнены в задании;
- сумма – сумма оценок всех регулярных выражений.

Множество специальных символов:  $\$ \^ \# * + \{ \} [ ] \backslash ? \langle \rangle$ . Также символ «-» внутри квадратных скобок. Кроме того, внутри квадратных скобок все специальные символы, кроме символов «{», «}», «\$», «#», не требуют специальной записи. Для использования специальных символов в шаблоне как терминальных, перед ними ставиться символ «\».

Грамматика для записи регулярних виражень (в порядку убывания приоритета):

- $\langle r \rangle : \langle r \rangle^*$  повторение 0 или более раз
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle^+$  повторение 1 или более раз
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle ?$  повторение 0 или 1 раз
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle \langle r \rangle$  конкатенация
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle \{m,n\}$  повторение от  $m$  до  $n$  раз
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle \{m\}$  повторение  $m$  раз
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle \{m,\}$  повторение  $m$  или более раз
- $\langle r \rangle : \wedge \langle r \rangle$  фрагмент в начале строки
- $\langle r \rangle : \langle r \rangle | \langle r \rangle$  любое из выражений
- $\langle r \rangle : (r)$  скобки, используются для группировки

### Вывод

Таким образом, для поставленной задачи выбран метод ее реализации, составлены алфавиты терминальных и нетерминальных символов, разработана расширенная грамматика, выбран метод оценивания проверяемой работы.

## МЕТОДИЧНІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ В МАТЕМАТИЧНИХ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСАХ ТРЕНАЖЕРІВ

*Мельникова О.В., Лаврик Т.В.,*

Активне використання в навчанні комп'ютерних і телекомунікаційних технологій сприяло появі нової організаційної форми - дистанційного навчання, для якого також актуальною залишається проблема формування вмінь і навичок у студентів по застосуванню матеріалу на практиці. Для того, щоб сприяти формуванню таких вмінь та навичок у студентів їм пропонуються в математичних дисциплінах тренажери. Тренажер являє собою інтерактивну навчальну модель розв'язання математичних задач.

Наприклад, опишемо тренажери, які використовуються в дистанційному курсі "Вища математика". Тренажер містить умову завдання, в якій можуть генеруватися різні числові варіанти.

Розв'язання розбито на послідовні кроки, перехід між якими не є вибіркоvim. Кроки тренажера пов'язані між собою і являють елементарну дію розв'язання даної задачі, не вимагаючи громіздких обґрунтувань, довгих міркувань і перетворень.

Важливою особливістю тренажерів є те, що студентам при виконанні завдань тренажера надається можливість за допомогою електронної пошти задавати питання викладачу стосовно проблем, що виникають при розв'язуванні. При цьому студент може зберегти копію проблемного кроку і надіслати її викладачу.

Створення тренажерів починається з методичної роботи. По-перше, разом з викладачем курсу методист проводить класифікацію завдань відповідно до розділів дистанційного курсу. По-друге, завдання групуються за типами для того, щоб можна було описати загальний алгоритм розв'язання однотипних задач, і потім вже описати його. Після процедури опису алгоритму розв'язання відбувається комп'ютерна реалізація тренажера.

Виділимо наступні переваги використання тренажерів:

- формування вмінь та навичок певних дій при розв'язанні завдання;
- студент одержує прискорений сигнал про правильну (неправильну) дію, що за теорією зворотної аферентації Анохіна П.К. стимулює подальшу пошукову діяльність;
- здійснення самоконтролю за допомогою тренажерів;
- внесення елемента новизни організації навчального процесу в навчальну діяльність, що сприяє активізації пізнавальної діяльності;
- можливість оперативного виправлення помилок;
- індивідуальний темп виконання завдань.

Відмітимо, що маючи певні переваги, тренажери, які розробляються в лабораторії дистанційного навчання СумДУ для математичних дисциплін, мають і недоліки. Зокрема, вони орієнтуються на типові задачі на репродуктивному рівні. Тому в планах нашої подальшої роботи – вдосконалення існуючих тренажерів та розробка нових, орієнтованих на більш високий рівень пізнавальної діяльності.

## ПОДГОТОВКА HTML МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НА САЙТЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Пивень А.Г., Прокопович Е.С.

*Использование Visual Basic for Applications для автоматизации создания HTML непосредственно в редакторе Word.*

Это позволяет:

- ускорить создание HTML файлов в 2-3 раза,
- автоматизировать процесс создания оглавления курса,
- автоматизировать процесс создания списка терминов,
- автоматизировать процесс создания словаря.

Вставка дескрипторов HTML осуществляется по нажатию сочетаний клавиш, для наглядности дескрипторы выделяются зеленым цветом.

Перспективным направлением является создание преподавателями текстов лекций, используя заранее заданные стили форматирования. Такая работа даст возможность полностью автоматизировать создание HTML кода лекций, оглавлений и списка терминов. При этом появится возможность больше времени уделять на разработку интерактивной части курсов: тренажеров, тестов, лабораторных работ.

*Использование MS FrontPage для автоматизации создания HTML*

Так как исходным документом является документ MS Word, то логично будет использовать программный продукт этой же компании – MS FrontPage.

Документ копируется в MS FrontPage. При необходимости в режиме редактирования редактируются списки, абзацы и т.п.

Затем в режиме просмотра мы имеем готовый код, но есть один недостаток: использование HTML предполагает наличие минимум тегов и их параметров, а MS FrontPage добавляет в тэ-

ги много «лишнего», т.е. задает значения всем возможным параметрам, которые у нас уже заранее определены в таблице стилей.

Основная работа заключается в удалении ненужных параметров путем использования пункта меню «Заменить...». Делается это довольно легко и быстро, так как большинство ненужных записей повторяются многократно.

Таким образом, программа MS FrontPage является альтернативным вариантом подготовки учебных материалов, который работает эффективно, хотя и не лишен недостатков.

## **УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ВСТРЕЧНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ**

Мишенин А. А.

Одной из распространенных проблем современного производства с высоким уровнем автоматизации является управление сложными процессами и объектами. Очевидно, что человеку довольно трудно принять решение при большом количестве альтернатив из-за часто большого количества информации, которое нужно принять во внимание. Кроме того, как правило, решения должны приниматься довольно оперативно и часто, на разных этапах и при разных условиях.

В связи с этим возникает необходимость автоматизации принятия решений, что находит свое отражение в системах поддержки принятия решений (СППР). Вместе с тем, не всегда классические методы построения СППР оказываются удачными, и им на смену приходят интеллектуальные СППР, способные к обучению и самообучению. Использование интеллектуальных СППР позволяет перейти от устаревших методов ручного управления к интеллектуальным технологиям управления сложными слабо формализованными процессами и объектами управления. В связи с этим, целью данной работы являлась разработка СППР, которая реализовывала бы следующие функции.

1. Организация управления технологическим процессом или объектом как последовательностью операций выбора одного из альтернативных решений.

2. Увеличение вероятности принятия правильного решения (выбора правильной альтернативы из множества предложенных) - снижение вероятности принятия ошибочного решения.

3. Накопление и структуризация опыта многих экспертов, а также реализация механизмов использования этого опыта.

4. Снижение нагрузки на оператора.

5. Увеличение скорости принятия решения (в случае, если для принятия решения требуется дополнительный анализ, изучение справочной литературы и т.п.).

Кроме того, рассматриваемая интеллектуальная СППР должна обладать следующими свойствами:

1. Должна обучаться на небольших объемах данных.
2. Уметь накапливать данные.
3. Обладать способностью дообучаться в процессе использования.

Принцип функционирования рассматриваемой СППР заключается в распознавании текущего состояния процесса или объекта управления и выдаче рекомендаций, соответствующих текущему состоянию. Распознавание проводится путем отнесения входного вектора состояния к одному из заранее определенных классов распознавания. Каждый класс представлен в виде совокупности гиперсфер подклассов в пространстве признаков.

Распознавание осуществляется с использованием модифицированной нейронной сети встречного распространения. А именно, основным элементом является так называемый слой Кохонена, который обычно используется для кластеризации данных. Это свойство слоя Кохонена наилучшим образом подходит для формирования центров подклассов. В дополнение нейроны Кохонена были снабжены параметром, играющим роль радиуса подклассов. Следующий за слоем Кохонена слой Гроссберга используется для отнесения подкласса к одному из классов.

Разработанная методология была реализована средствами языка программирования C++ в среде Borland Builder с использованием объектно-ориентированного подхода и динамического распределения памяти. Методология и разработанное программное обеспечение опробовано на данных процесса производства минеральных удобрений ОАО «СумыХимпром».

## О ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕ- НИЙ

Литвиненко А.А., канд. экон. наук, доц.

Задаче Коши в разделе численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и их систем уделяется основное внимание, при этом рассматриваются классические (стандартные) методы решения. Однако, «большинство стандартных методов не приспособлено для решения жестких уравнений» [1] (стр. 141).

В работе [2] предложен алгоритм, который для ОДУ во многих, если не во всех, случаях гарантирует нормальное завершение поиска искомого решения. Здесь рассматривается этот подход для решения систем ОДУ.

Для демонстрации результативности рассматриваемого алгоритма решения был взят пример жестких уравнений из работы [1] (стр.140). С начальными условиями  $x(0)=y(0)=1$  требуется найти решение для следующей системы ОДУ:

$$\begin{aligned} y' &= 998*y + 1998*z; \\ z' &= -999*y - 1999*z; \end{aligned} \tag{1}$$

Величина отрезка, на котором ищется решение, здесь особой роли не играет, если не брать ее слишком малой. Можно рассмотреть отрезок  $[0,9]$ , заведомо включающий всю «интересную» область. Что касается величины заданной точности  $\varepsilon$ , то ее можно положить равной 0.0001.

Как и в работе [1] за основу был взят метод Эйлера, но применялся он не стандартно, а в соответствии с идеей, изложенной в работе [2]. Описание алгоритма для решения систем ОДУ, ко-

торое здесь приводится для конкретного примера, очевидным образом распространяется на общий случай.

Итак, вместе с системой (1) рассматриваются еще две родственные системы (2) и (3):

$$\begin{aligned} x' &= (998*y + 1998*z)^{-1}; \\ z' &= -999*y - 1999*z; \end{aligned} \quad (2)$$

и

$$\begin{aligned} y' &= 998*y + 1998*z; \\ x' &= (-999*y - 1999*z)^{-1}, \end{aligned} \quad (3)$$

где, очевидно, в системе (2)  $x' = dt/du$ , а в системе (3)  $x' = dt/dz$ .

Сформулируем основные положения предложенного метода решения для рассматриваемой задачи:

1. Метод опирается на известный метод Эйлера (можно было бы взять и более точный метод, например, обычный метод Рунге-Кутты, но в этом нет необходимости).
2. Вместе с задачей (системой) (1) рассматриваются родственные задачи (2) и (3). При этом задачу (1) избранным пошаговым методом решаем только при условии, что и  $|y'| < 1$ , и  $|z'| < 1$ , иначе переходим к одной из задач (2) или (3). При этом выбор делается в соответствии с тем, какая из величин на данный момент  $|y'|$  или  $|z'|$  окажется большей (если большей окажется  $|y'|$ , то переходим к задаче (2)).
3. Если была выбрана задача (2), то решаем ее до тех пор, пока  $|x'| < 1$ , где  $x' = dt/du$ , и  $|y'| > |z'|$ , иначе либо переходим к решению задачи (1), если на данный момент выполняются условия  $|y'| < 1$  и  $|z'| < 1$ , либо переходим к решению задачи (3).
4. Если была выбрана задача (3), то решаем ее до тех пор, пока  $|x'| < 1$ , где  $x' = dt/dz$ , и  $|z'| > |y'|$ , иначе либо переходим к решению задачи (1), если на данный момент выполняются условия  $|y'| < 1$  и  $|z'| < 1$ , либо переходим к решению задачи (2).
5. Стартовый момент (какую из задач (1), (2) или (3) решать первой) определяем путем вычисления значений производных  $y'$  и  $z'$  в начальной точке, далее, если  $|y'| < 1$  и  $|z'| < 1$ , то решается задача (1), иначе выбор делается так, как это указано в п.2.
6. В соответствии с формулировками задач (1), (2) и (3), данными выше, эти задачи решаются, только начиная со стартового



момента (точнее, только одна из этих задач решается в указанной формулировке), а дальше формулировки меняются, смысл изменений формулировок заключается в изменении начальных значений для этих задач (см. работу [2]).

Для реализации приведенного здесь алгоритма была написана программа на языке Си. С ее помощью было получено решение рассматриваемой задачи.

В ряде случаев классические численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем (задачи Коши) не дают ожидаемого результата, и для их численного решения, особенно для жестких уравнений, обычно применяются специальные методы. Последние, как правило, основаны на неявных расчетных схемах, реализация которых намного сложнее от явных схем. Между тем, рассмотренный здесь алгоритм решает задачу с жесткими уравнениями с помощью тех же явных схем.

#### *Литература:*

1. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. – М.: Мир, 1980. –280 с.
2. Литвиненко А.А. О численных методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений // Вестник Сумского государственного университета, Серия Технические науки –2004. -№12(71). –С. 118-123.

### **АНАЛИЗ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА “ПРОТАЛКИВАНИЕ ПРЕДПОТОКА”**

При решении такой проблемы, как организации движения транспортных потоков, передача пакетов данных в сетях коммутации пакетов, постройка нефте/газо проводов и прочее необходимо решить задачу максимизации потоков в сети.

Было предложено много методов для решения этой задачи, но основным является метод Форда–Фалкерсона. На его основе был разработан алгоритм “проталкивание предпотока”, который и был использован в данной работе для компьютерной реализации задачи о нахождении максимального потока в транспортной сети.

Введём некоторые обозначения. Пусть  $G=(V, E)$  сеть с истоком  $s$  и стоком  $t$ ,  $f$  – предпоток в  $G$ , где  $V$  – множество вершин,  $E$  – множество ребер.

В методе Форда-Фалкерсона мы имеем дело с потоком жидкости по трубам от истока к стоку; на каждом шаге мы увеличиваем этот поток, находя дополняющий путь. В каждой вершине  $u$  (кроме истока  $s$ ) есть некоторый неотрицательный избыток  $e(u)$ , равный потоку между вершинами  $u, v$ :  $e(u) = f(v, u)$ . Избыток жидкости в каждой вершине сливается. В процессе работы алгоритма вершина может подниматься вверх.

Высота истока всегда равна  $V$ , а стока – нулю. Все остальные вершины изначально находятся на высоте 0, и со временем поднимаются. Для начала мы отправляем из истока вниз столько жидкости, сколько нам позволяют пропускные способности выходящих из истока труб (это количество равно пропускной способности разреза  $(S, V \setminus S)$ ). Возникающий (в соседних с истоком вершинах) избыток жидкости сперва просто выливается, но затем он будет направлен дальше.

Для подъема вершины  $u$  на максимальную высоту, допустимую по определению высотной функции, необходимо:

- 1) вершина  $u$  переполнена;
- 2) для любого ребра  $(u, v) \in E_f$  выполнено неравенство  $h[u] \leq h[v]$ .

Если есть соседняя вершина  $v$ , высота которой на единицу ниже, то можно выполнить проталкивание (но нельзя выполнить подъем) и, наоборот.

Проталкивание из вершины  $u$  в  $v$  возможно, если:

- 1) вершина  $u$  переполнена (т.е.  $e(u) > 0$ );
- 2) ребро  $(u, v)$  не насыщено (т.е.  $c_f(u, v) > 0$ );
- 3)  $h(u) = h(v) + 1$ .

Таким образом, алгоритм “проталкивание предпотока” использует две основные операции: проталкивание потока из вершины в соседнюю и подъем вершины.

Данная работа реализована с использованием технологии Flash от компании Macromedia™. Преимущества данной технологии очевидны:

- малый размер выходного файла;

- распространённость технологии - flash плеер всегда можно загрузить с домашней страницы Macromedia™ и он выпускается для многих браузеров;
- визуализация всех процессов.

Программа может работать с графами, которые могут насчитывать до 100 вершин. Преимущества ее состоят в том, что пользователь может самостоятельно построить граф, чтобы при решении задачи абстрактное представление заменить на гораздо более удобное зрительное.

Системные требования:

- Windows 98 и выше;
- Web браузер с установленным flash плеером версии 6 и выше;
- SVGA монитор с поддержкой разрешения 800\*600 и выше;
- Мышь.

Преимуществом данного алгоритма по сравнению с другими является то, что в нем не просматривается вся остаточная сеть на каждом шаге, а процесс сводится к анализу окрестности каждой вершины. Также не требуется выполнения закона сохранения потока, а лишь выполнения свойств предпотока. А его простейшая реализация требует всего лишь  $O(V^2E)$  шагов и превосходит другие алгоритмы в скорости выполнения.

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ НА БАЗЕ КВАЗИХИМИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДЕФЕКТОВ В CdTe:Cl

Радченко Т.А., Тыркусова Н.В.

Телурид кадмия является перспективным материалом для изготовления детекторов, электронно-оптических модуляторов и т.д. [1]. Для получения эксплуатационных свойств необходимо выращивать монокристаллы и пленки *CdTe* с определенным ансамблем точечных дефектов (АТД), поскольку именно он определяет структурно чувствительные характеристики материала. Выбор оптимальных параметров возможен путем моделирования АТД в телуриде кадмия в зависимости от физико-технологических условий его получения и легирования. Для по-

строения модели дефектов можно использовать метод квазихимических реакций (КР) [2].

В данной работе была построена модель для расчета АД в монокристаллах  $CdTe$  легированного хлором. Модель позволяет определить концентрацию дефектов  $(Cd_i^{2+}, V_{Te}^{2+}, V_{Cd}^-, V_{Cd}^{2-}, Te_i, Cl_{Te}^+, Cl_{Te}^0)$  и др. в зависимости от давления паров кадмия, температуры и концентрации примеси хлора. Данная модель описывается системой нелинейных уравнений.

$$\frac{x_6 x_1}{p_{cs}} = k_r \quad (1), \quad x_3 x_6 = k_f \quad (2), \quad \frac{x_6 x_1}{x_8} = k_1 \quad (3),$$

$$\frac{x_7 x_1}{x_6} = k_2 \quad (4), \quad \frac{x_3 x_2}{x_5} = k_3 \quad (5), \quad \frac{x_3 x_2}{x_4} = k_4 \quad (6),$$

$$\frac{x_{11}}{x_4 x_{10}} = k_p \quad (7), \quad \frac{x_{12}}{x_{11} x_{10}} = k_{dp} \quad (8), \quad \frac{x_{10} x_1}{x_9} = k_6 \quad (9)$$

$$x_1 x_2 = k_i \quad (10), \quad x_1 + x_3 + 2x_4 + x_{11} = x_2 + x_6 + 2x_7 + x_{10} \quad (11),$$

$$cl = x_9 + x_{10} + x_{11} + 2x_{12} \quad (12).$$

где  $p_{cs}, k_r, k_f, k_1, k_2, k_3, k_4, k_p, k_{dp}, k_6, cl$  - известные константы.

Так как переменные  $x_i$  имеют диапазон изменения  $10^3 \sim 10^{20}$ , то применяем предварительное логарифмирование, например:

$$\ln\left(\frac{x_6 x_1}{p_{cs}}\right) = \ln k_r \Rightarrow \ln x_6 + \ln x_1 = \ln k_r - \ln p_{cs},$$

Положим  $X_i = \ln(x_i)$ , тогда наша система принимает более удобный для решения вид. Метод градиентного спуска с автоматическим вычислением шага позволяет получить решение данной системы. Итерационная формула имеет вид:

$$X_{i+1} = X_i + \lambda \cdot \nabla(u(\bar{X})),$$

где  $f(\bar{X})$  - вектор-функция, соответствующая данной системе;  $u(\bar{X}) = (f(\bar{X}), f(\bar{X}))$  - скалярное произведение;  $\nabla(u(\bar{X}))$  - градиент;  $\lambda$  - шаг спуска.

$$\lambda = \frac{\left( \bar{f}(\bar{x}^{(k-1)}, w(\bar{x}^{(k-1)})) \frac{\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})}{\|\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})\|} \right)}{\left( w(\bar{x}^{(k-1)}) \frac{\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})}{\|\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})\|}, w(\bar{x}^{(k-1)}) \frac{\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})}{\|\nabla u(\bar{x}^{(k-1)})\|} \right)}$$

В результаті моделювання отримані залежності концентрації точечних дефектів від технологічних умов отримання монокристалів.

### Література

1. Корбутяк Д.В., Мельничук С.В. Телурид кадмію: домішково-дефектні стани та детекторні властивості.-К.:Іван Федоров, 2000.
2. Крєгер Ф. Химия несовершенных кристаллов.-М.:Мир, 1969.
3. Каліткін Н.Н. Чисельні методи.- М: Наука .-1978.

## ПРОГРАМНИЙ ПРОЕКТ ДЛЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

Неофітний Д.М.

Програмний проект дозволяє змоделювати трьохвимірне зображення поверхні, що задається аналітично (суперпозицією параметрів та функцій вбудованого компілятора). Є можливість показу побудованої моделі поверхні з різних просторових точок (зміна ракурсу зображення) та з використанням різного масштабу. Передбачена можливість експортування отриманого зображення у bmp-файл. Є вбудований Help-hint.

### Напрямки використання програмної розробки :

1. Програмний додаток до курсу „Аналітична геометрія у просторі”;
2. Побудова зображень елементарних, дробово-раціональних та трансцендентних поверхонь, заданих аналітично у параметричному вигляді;
3. Можливість спостереження поведінки поверхні залежно від числових значень параметрів у режимі “Real-time” (Режим вибагливий до центрального мікропроцесора);

4. Перенесення змодельованого зображення (bmp- експортування);
5. Передбачена швидка побудова основних поверхонь аналітичної геометрії у просторі.

**Функції вбудованого компілятора :**

1. «+» Додавання
2. «-» Віднімання
3. «\*» Добуток
4. «/» Ділення
5. «a^b» Піднесення числа a до степеня b
6. «sin(x)» Синус числа x
7. «arcsin(x)» Арксинус числа x
8. «cos(x)» Косинус числа x
9. «arccos(x)» Арккосинус числа x
10. «tg(x)» Тангенс числа x
11. «arctg(x)» Арктангенс числа x
12. «exp(x)» Експонента числа x
13. «ln(x)» Натуральний логарифм числа x
14. «abs(x)» Модуль числа x
15. «sqrt(x)» Корень квадратний з числа x
16. Дозволено використання дужок «(» , «)»

**Системні вимоги :**

1. CPU >1000 MHz
2. Розв'язувальна здатність монітора від 600\*800
3. Відеокарта >32Mb
4. >10 Mb DDR RAM ;
5. 2Mb HDD
6. Windows 95 / 98 / Millenium /XP ;
7. Присутність у директорії Windows\System32 файлів OpenGL32.dll, Glu32.dll, Glut32.dll

**До дистрибутиву включено :**

1. Файл Graphica\_3D.exe
2. Бібліотеки OpenGL (OpenGL32.dll, Glu32.dll, Glut32.dll).
3. Теоретико-практичний опис програмного проекту та інструкція користування початківцю.

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С НАКЛАДНЫМИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗА

Скуба М.

**Постановка задачи:** При поставке своей продукции СМНПО им. Фрунзе использует железные дороги Украины. Причем составы с продукцией предприятия могут отправляться как в пределах Украины, так и за ее пределы. Каждый состав сопровождает соответствующая накладная на гербовой бумаге. Необходимо разработать проект, который позволял бы создавать базу данных накладных, добавлять информацию в виде записей, редактировать базу по отдельным записям, открывать базу в режиме просмотра, а также выводить на печать составленные накладные. Отдельно нужно вести базу данных получателей. Задача поставлена в феврале 2004 года.

Реализация задачи была выполнена в среде Delphi 5.0. При проектировании приложения для организации данных и доступа к ним был использован Advantage Database Local Server, а не стандартный инструмент Delphi – BDE (Borland Database Engine) для работы с базой Paradox или DBF-файлами. Это сделано с целью облегчения настройки приложения перед эксплуатацией (необходима установка самого BDE, инсталляционный пакет которого, без Delphi не был найден). Сам Advantage Database Local Server представляет собой несколько DLL-библиотек (ACE32.DLL, ADSLOC32.DLL), файл конфигурации (ADSLOCAL.CFG), файлы EXTEND.CHR и ANSI.CHR для поддержки национальных OEM и ANSI наборов символов. Операции по базе производятся через DLL-библиотеки, для упрощения написания приложения были взяты классы TAdsConnection и TAdsTable – для сред Delphi, C++ Builder (существуют и для CA-Clipper, FoxPro). Наличие этих компонентов снимают необходимость напрямую пользоваться API-вызовами для данных DLL.

Очень важной частью проекта является возможность выводить введенные данные на печать. Так как печать должна произ-

водиться на бланках с гербовой бумагой, причем бланков – два типа (для станций по Украине и станций за пределами Украины), то в компоненте класса TQuickRep было создано две “страницы” (класса TQRBand) на которые были занесены компоненты класса TQRLabel. Они необходимы для отображения строчного текста, который был введен на главной форме. Компоненты класса TQRLabel расставлены так, что при распечатке страницы строки попадают в соответствующее место на бланке.

Добавление записей в базу данных происходит с использованием компонента TAdsTable. Похожим методом производится вывод данных на предварительный просмотр перед печатью.

Программа имеет стандартный Windows-ориентированный интерфейс.

Для более легкого восприятия интерфейса на кнопках находятся глифы, которые визуально подсказывают о назначении кнопки. Имеется небольшая анимация в виде Gif-изображения и ani-анимация курсора, которые загружаются из ресурсов выполняемого файла через абстрактные переменные класса TStream. Для уменьшения размеров выполняемый файл сжат UPX-компрессором версии 1.24 от 2002 года. Вся программа, вместе с сопровождающими файлами вмещается на дискету 1,44 Мб.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНО СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

Петров С.А.

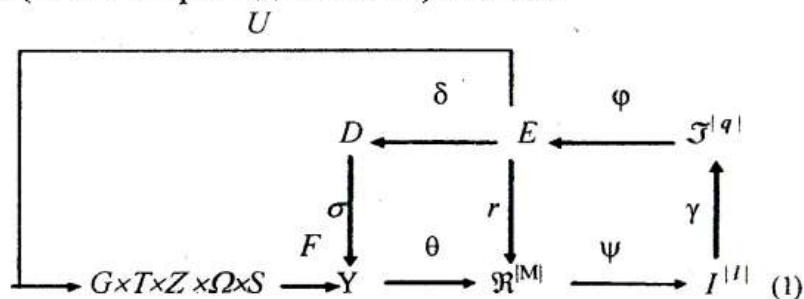
В системах дистанционного образования, использующих дистанционный контроль знаний, актуальной является задача машинной оценки знаний учащихся и информативности тестов, что позволяет перейти непосредственно к решению проблемы автоматизации создания учебных пособий и контрольных вопросов. В данной работе предложен метод моделирования учебного процесса, как мультиагентной интеллектуальной системы управления дистанционным обучением (СУДО) в рамках ин-



формационно-экстремального метода функционально статистических испытаний (МФСИ) [1].

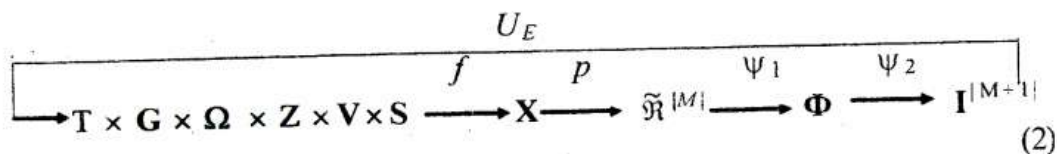
Математическая модель входного описания учебного процесса представлена в виде теоретико-множественной структуры  $\langle G, T, \Omega, Z, S, Y; \Phi \rangle$ , где  $G$  – множество входных сигналов (множество тестов);  $T$  – множество моментов снятия данных (результатов тестирования);  $\Omega$  – пространство признаков распознавания (отдельные ответы на вопрос);  $Z$  – множество функциональных состояний системы (ученика);  $S$  – множество оценок знаний;  $Y$  – выборочное множество (обучающая матрица);  $\Phi: G \times T \times \Omega \times Z \times S \rightarrow Y$  – оператор выхода, формирующий обучающую матрицу.

В рамках МФСИ разработана категорийная модель учебного процесса (агент-«Преподаватель») в виде:



Здесь оператор  $\theta: Y \rightarrow \mathfrak{R}^{|M|}$  строит нечеткое разбиение  $\mathfrak{R}^{|M|}$ , которое допускает в общем случае пересечение классов распознавания, что есть характерным для задач контроля и управления. Оператор  $\Psi: \mathfrak{R}^{|M|} \rightarrow I^{|l|}$  проверяет основную статистическую гипотезу  $\gamma_1: y_{m,i}^{(j)} \in X_m^o$ , где  $I^{|l|}$  – множество гипотез, которая для  $M=2$  кроме основной содержит альтернативную гипотезу  $\gamma_2: y_{m,i}^{(j)} \notin X_m^o$ . Оператор  $\gamma$  определяет множество точностных характеристик (ТХ)  $\mathfrak{Z}^{|q|}$ , где  $q=l^2$  – количество ТХ, а оператор  $\phi$  вычисляет множество  $E$  значений информационного критерия оптимизации, который является функционалом ТХ. Оператор  $r$  корректирует разбиение  $\mathfrak{R}^{|M|}$  в зависимости от значений критерия.

Модель агента-«Ученик» имеет вид:



В диаграмме (2) оператор  $f$  отображает универсум испытаний на бинарную выборку множество  $X$ , которая образует экзаменационную матрицу аналогичную по структуре обучающей матрице. Тут  $\Phi$  множество значений функции принадлежности.

Мультиагентная СОДО реализована на примере оценки знаний студентов по результатам тестирования знаний по учебной дисциплине интеллектуальные системы. Анализ полученных результатов показал что имеет место нечеткое разбиение классов пространства признаков на  $S$  классов, что требует для трансформации в четкое разбиение оптимизации дополнительных параметров обучения: информативность признаков распознавания (тестов), структура тестов, порядок изложения материала и учет взаимосвязи тем и другие.

### Литература

Краснопоясовський А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статистичних випробувань. – Суми: Видавництво СумДУ, 2004.–261с.

## РАЗРАБОТКА ТЕСТИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ

Назаренко А.Г., Иващенко В.А.

Проблема объективной оценки уровня знаний беспокоит многих деканов и директоров средних учебных заведений уже много лет, а количество учащихся всё растет и растет. Что же делать? Тут на помощь придет электронная тестирующая программа.

Разработанная программа является абсолютно универсальной. Ее можно применить к любому изучаемому курсу (благодаря системы подключения баз тестов).

Робота с тестом організована таким образом: **реєстрація** учащегося, далі йому буде запропоновано ряд запитань по вивчаємої темі, після програма видає кількість балів набраних студентом. По завершенню тесту дані про студента (ім'я, група, оцінка) заносяться в базу викладача, з допомогою якої він може слідити за успішністю учнів. Також студенту, по закінченню тестування, буде запропоновано можливість проаналізувати свій тест – повернутися в початок тесту, де правильні відповіді будуть позначені зеленим кольором, а неправильні – червоним.

Тренажер зручний в використанні і для викладача, так як існує можливість налаштувати систему під будь-який тест – задати час відведений на тестування, створити і підключити базу запитань будь-якої тематики. Доступ до налаштувань тесту обмежений паролем, відомим тільки викладачу.

При створенні програми в ній були включені велика кількість компонентів Delphi: TMainMenu, TLabel, TEdit, TButton, TCheckBox і інші.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ У ЗАДАЧІ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

Клочко С. О.

Сучасній науці за останні сто років відомі всі основні механізми еволюції, пов'язані з генетичним наслідуванням. Ці механізми досить прості по своїй ідеї і водночас ефективні. Тому моделювання еволюційного процесу на комп'ютері дозволяє отримати рішення багатьох практичних задач. Такі моделі отримали назву "генетичні алгоритми" і вже широко використовуються в різних галузях.

Доведено, що кожен біологічний вид з часом покращує свої якості так, щоб найбільш ефективно справляється із найважливішими задачами виживання, самозахисту, розмноження і т.д.

За допомогою еволюції природа постійно оптимізує все живе, знаходить самі неординарні рішення. З першого погляду не яс-

но, за рахунок чого здійснюється цей процес, однак йому є наукове пояснення. Дати це пояснення можна, базуючись всього на двох біологічних організмах – природного відбору і генетичного наслідування.

Уявимо собі штучний світ, населений багатьма істотами (особами), причому кожна істота – це деяке рішення нашої задачі. Будемо вважати особу тим більш пристосованою, чим більше значення цільової функції воно дає. Тоді задача максимізації цільової функції зводиться до пошуку найбільш пристосованої істоти. При цьому будемо розглядати багато поколінь, що змінюють одне одного. І якщо вдасться ввести в дію природний відбір і генетичне наслідування, то отриманий світ буде підкорятися законам еволюції, мета якої полягає в пристосованості особини – створенні найкращого рішення. Очевидно, еволюція – нескінченний процес, в ході якого пристосованість особин поступово підвищується. Примусово зупинивши цей процес через достатньо великий час після його початку і вибравши найбільш пристосовану особу в поточному поколінні, отримаємо близьку до оптимального відповідь.

Структурна схема генетичного алгоритму зображена на рис.1.

Спочатку генерується початкова популяція особин, тобто деякий набір рішень задачі. Як правило, це робиться випадковим чином. Далі моделюється розмноження всередині цієї популяції. Для цього випадково відбираються декілька пар індивідуумів, проводиться схрещення між хромосомами в кожній парі, а отримані нові хромосоми розміщуються в популяцію нового покоління. У генетичному алгоритмі зберігається основний принцип природного відбору – чим пристосованіше особи-

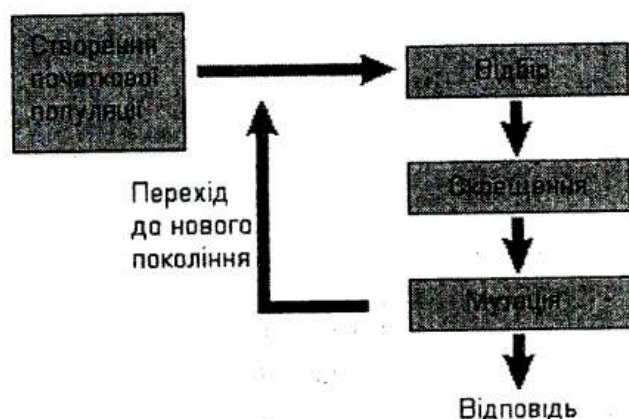


Рис.1. Структурна схема генетичного алгоритму

на, тим більше відповідне їй значення цільової функції і з більшою ймовірністю вона буде приймати участь в схрещенні.

З метою уникнення локальних екстремумів здійснюється мутація – в декількох випадково вибраних особах нового покоління змінюються деякі гени. Потім стара популяція частково або повністю знищується і здійснюється перехід до розгляду наступного покоління.

Популяція наступного покоління в більшості реалізацій генетичного алгоритму містить стільки ж особин, скільки початкова, але в силу відбору пристосованість в неї в середньому вища. Процеси відбору, схрещування і мутації повторюють уже для нової популяції і т.п.

У кожному наступному поколінні спостерігається виникнення нових рішень задачі, серед яких будуть як „погані”, так і „гарні”. Завдяки відбору число „гарних” рішень буде збільшуватися.

Відмітимо, що в природі не буває абсолютних гарантій, і навіть самий пристосований тигр може загинути від пострілу рушниці, не залишивши потомків. Але Імітуючи еволюцію на комп’ютері, можна уникнути подібних небажаних подій і завжди зберігати життя найкращому із індивідуумів поточного покоління – така методика називається „стратегією елітизму”.

У процесі дослідження була написана програма тестування ГА, а за результатами тестування (Result.xls) побудовані додаткові таблиці та графіки та визначені оптимальні вхідні параметри алгоритму (табл.1).

Таблиця 1. Оптимальні параметри генетичного алгоритму

Кількість хромосом	100
Розрядність хромосом	16
Ймовірність кросинговеру	0,9
Ймовірність мутації	0,1
Ймовірність інверсії	0,05
Стратегія елітизму	“Так”

ГА з цими параметрами знаходить точку, де значення функції достатньо близьке до максимально можливого за 1-2 хвилини, що на порядок менше в порівнянні з відомими алгоритмами [1,2,3]. Для отримання більш точних рішень необхідно збільшити або розрядність генів, або їх кількість, але при цьому збільшується час роботи алгоритму. Підмічено, що при збільшенні кількості генів час роботи алгоритму збільшується значно швидше, ніж при збільшенні розрядності генів.

Як видно з результатів тестування і додатково побудованих таблиць, стратегія елітизму не сильно впливає на час роботи алгоритму і в той же час підвищує ефективність алгоритму. Таким чином стратегія елітизму є одним із оптимальних параметрів.

Таким чином, можна зробити наступний висновок: генетичний алгоритм є в першу чергу алгоритмом випадкового пошуку, тобто дозволяє знайти значення функції досить близьке до максимально можливого за помірний час роботи алгоритму (ГА не гарантує відшукування точного глобального максимуму). Рекомендується використовувати ГА у випадках, коли відшукування точного значення в порівнянні із швидкістю є менш важливим критерієм або коли відшукування точного максимуму не можливе за прийнятний час через складність задачі.

#### *Література:*

1. Рідкокаша А.А., Голдер К.К. Основи систем штучного інтелекту; Навчальний посібник - Черкаси; Відлуння-Плюс, 2002, - 240с.
2. [www.basegroup.ru](http://www.basegroup.ru)
3. [www.neuroproject.ru](http://www.neuroproject.ru)

## **К ВОПРОСУ О ПРЕДСТАВЛЕНИИ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДРОБЕЙ ЕГИПЕТСКИМИ СУММАМИ**

Кузиков Б.О.

В настоящее время для представления дробных величин наиболее часто используют обыкновенные (прим.  $5/6$ ) и десятичные ( $0.8333$ ) дроби. Но это не единственный способ их представления. Так в древнем Египте рациональные дроби записывали в

виде суммы чисел обратных натуральным ( $5/6 = 1/2 + 1/3$ ). Далее дроби с единицей в числителе будем называть египетскими, а само разложение египетской суммой.

Любая рациональная дробь может быть разложена в египетскую сумму бесконечным количеством способов [I. Stewart]. Поэтому, интересным является вопрос нахождения не просто разбиения, а разбиения оптимального по некоторым параметрам. В качестве параметров может выступать количество слагаемых в разбиении, порядок величин знаменателей, ресурсоемкость алгоритма. Неизвестно, каким именно образом производили это действие сами египтяне, но на сегодняшний день разработано достаточно много алгоритмов разрешения проблемы разбиения. Для простоты разделим найденные подходы в несколько групп.

**Аппроксимирующие методы** – наиболее естественный подход к решению проблемы. В частности, к этому подходу относится и жадный алгоритм разбиения, предложенный Фибоначчи еще в 1202 году. Основная идея состоит в том, чтобы из исходной дроби на каждом шаге вычитать наибольшую египетскую дробь, так чтобы их разность оставалась неотрицательной. На следующем шаге процесс продолжается рекурсивно уже для разности исходной дроби и найденной египетской. К классу аппроксимирующих методов кроме жадного алгоритма можно отнести нечетный жадный алгоритм [R. Breusch, B. Stewart] и метод гармонических рядов. Перечисленные выше методы имеют ряд недостатков. В частности, не смотря на доказанность их конечности, не удается найти численное разложение некоторых дробей. Эксперимент показал, что для числа  $3/179$  жадный алгоритм дает разложение из 19 египетских дробей, знаменатель, последней из которых содержит более 500 000 цифр. В то же время другие алгоритмы дают более простое представление, например  $1/60 + 1/10740$  [R. Breusch, B. Stewart]. Разложение числа  $5/5809$  жадным алгоритмом остается открытой проблемой [D. Eppstein].

**Методы, основанные на двоичной системе счисления.** Идея методов состоит в переходе от десятичной системы счис-

ления к двоичной. Так  $\langle 27/22 \rangle_{10} = \langle 1.0(0111010001) \rangle_2$ . Каждой единице непериодической части полученной дроби ставится в соответствие дробь  $1/2^a$ . Единицам в периоде ставится в соответствие дробь  $1/2^a(2^b - 1)$ , где  $a$  - позиция единицы,  $b$  - длина

периода. В качестве основания системы счисления можно также использовать число 6. На схожем принципе основан метод двоичных остатков. [B. Stewart, D. Eppstein]

**Метод цепных дробей.** Одним из интересных подходов к получению требуемого разбиения есть преобразование числа в цепную дробь, а затем в египетскую. Алгоритм достаточно быстр и, в среднем, дает хорошие результаты. Путем развития базового алгоритма были предложены группированный метод цепных дробей, с использованием некоторых приложений теории графов и гибридный метод цепных дробей. [M. Bleicher]

**Метод разрешения конфликтов** основан на достаточно простой идеи - дробь вида  $m/n$  записуют в виде суммы  $m$  дробей вида  $1/n$ . Такое разбиение не является египетской суммой, так как имеются повторяющиеся дроби. В простейшем случае 2 дроби  $1/n$  можно заменить дробью  $2/n$ , если  $n$  - четно или парой  $2/n+1 + 2/n(n+1)$ , если  $n$  - нечетно. Такой подход получил название метода парных замен. Метод деления предполагает разбиение одной из повторяющихся дробей  $1/n$  суммой  $1/n+1 + 1/n(n+1)$ . [T.

Takeouchi, S. Bartels]

**Прямой перебор.** Согласно алгоритму сначала ищется число  $p$ , из тождества  $mp = qn + r$ , такое, чтобы  $q$  и  $r$  были его делителями. Тогда дробь  $m/n$  можно разложить в сумму  $q/p + r/np$ . Аналогичные схемы предполагают переборные методы малых произведений и коротких последовательностей.

В общем случае не доказана применимость ни одного из вышеперечисленных методов к разрешению проблемы



$m/n = 1/a_1 + 1/a_2 + \dots + 1/a_k$ ,  $a_1 < a_2 < \dots < a_k$ ,  $k \rightarrow \min$ . Для ряда малых числителей были получены интересные результаты. Так дроби вида  $2/n$  всегда можно разложить в сумму двух, а  $4/n$  в сумму 3-х египетских дробей.  $3/n$  можно разложить в сумму 2-х дробей только в случае  $n \bmod 3 = 2$  [M. Vose, R. Guy]. В целом проблема остается открытой и часто является предметом рассмотрения олимпиад различного уровня как по математике так и по информатике.

## ЛОКАЛЬНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Заика Ю.С.

Цель данной работы заключалась в освещении и решении практических проблем построения локальной вычислительной сети. В современном здании требуют прокладки кабеля многие системы, такие как телефонная и компьютерная сеть, пожарная и охранная сигнализация, система видеонаблюдения и контроля доступа. Для рациональной их реализации необходима единая среда передачи данных, которой будет являться структурированная кабельная система отвечающая международные стандарты (ANSI/TIA/EIA-568-A и ISO/IEC11801).

Основная цель – составить проект ЛВС для филиала «Сумская ТЭЦ». Разрабатываемая ЛВС должна соответствовать принятым международным стандартам и обеспечить передачу всех видов информации (данные, голос, видео и т.п.) с учетом перспектив развития современных информационных технологий. Кроме того, данная ЛВС должна обеспечить интеграцию и работоспособность всех элементов и систем.

В ходе проектирования мною было рассмотрено несколько вариантов архитектуры, и выбран вариант как оптимальный по стоимости, так и наиболее удобный с точки зрения последующего администрирования. В проекте реализована традиционная топология звезды на основе неэкранированных 4-х парных кабе-

лей UTP категории 5e, кроме того, используется архитектура одноточечного управления, то есть все коммутационное оборудование находится в одном месте - в помещении серверной. Расстояние от серверной до любого рабочего места не превышает максимально возможную длину кабеля, разрешенную стандартом для данного уровня иерархии.

Создаваемая СКС должна обеспечить функционирование компьютерной и телефонной сети, то есть на каждом рабочем месте монтируется информационная розетка с двумя розеточными модулями. Из соображений универсальности внутренняя сеть телефонизации и внутренняя компьютерная сеть проектируется как единое целое, как часть СКС. Принадлежность розетки к компьютерной или телефонной сети определяется коммутацией. В качестве корпоративного стандарта операционной системы для серверов и рабочих станций мною выбрана ОС Windows 2000 Server корпорации Microsoft. Эта версия поддерживает работу с большим объемом оперативной памяти и большим количеством процессоров.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АУДИТА И РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА КЛИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Дяговченко С.В.

Глубинные физические законы, передовые научные и инженерные разработки, высокотехнологичные вакуумные системы, высокие электрические напряжения, самые лучшие материалы, высшее качество их обработки, современнейшая быстродействующая цифровая и аналоговая электроника и компьютерная техника, изощренное программное обеспечение - вот из чего сложен современный масс-спектрометр. И для чего же все это?

Для ответа на один из важнейших вопросов мироздания - из чего сложена материя. Но это вопрос не высокой науки, а каждодневной жизни человека.

Существование ядерной энергетики немыслимо без масс-спектрометрии. С ее помощью определяется степень обогащения расщепляющихся материалов и их чистота, измерять изотопный состав урана в исходном и обработанном ядерном топливе, определять количество плутония и других долгоживущих радиоактивных элементов на зараженных землях, геологический возраст пород по изотопному составу стронция и неодима в них.

Масс-спектрометр МИ1201АГМ-02 компании "Selmi" является специализированным прибором для анализа в гексафториде урана содержания летучих соединений бора, кремния, фосфора, серы, хрома, молибдена, вольфрама, рения, фтора, воздушных компонент и углеводородов.

Прибор может быть успешно использован на всех технологических участках переработки и контроля гексафторида урана (на входном контроле поступающего сырья, в технологических линиях по обогащению, для контроля готовой продукции).

В научно-исследовательской лаборатории отдела статических масс-спектрометров ОАО "Selmi" заведующим сектором программного обеспечения Пронем С.Ф. совместно с ведущим программистом лаборатории масс-спектрометрии Перегудовым О.Н. был разработан программный комплекс "Распределенное программное обеспечение для масс-спектрометрических экспериментов". Настоящее программное обеспечение (ПО) для регистрации данных было разработано для проведения измерений на коммерчески доступных магнитных масс-спектрометрах серии МИ1201 ОАО "Selmi".

Этот программный продукт позволяет дистанционно управлять ходом масс-спектрометрического эксперимента, посылать управляющие команды, получать и анализировать результаты.

Как видно, от результатов анализа исследуемых образцов с помощью масс-спектрометра многое зависит. Незначительное влияние на ход процесса исследования или же на его результаты может привести к ужасным последствиям.

В процессе эксплуатации к прибору должны иметь доступ ограниченное число людей:

- технический персонал - это техники, которые посменно следят за состоянием прибора, выполняют профилактические работы для поддержания работоспособности масс-спектрометра;
- лаборант - осуществляет контроль над прибором, делает измерения, отвечает за результаты.

Это связано с обеспечением высокой степени безопасности эксплуатации прибора, секретностью проводимых исследований и огромной ценностью результатов измерений. В большинстве случаев возникает необходимость устанавливать масс-спектрометры в условиях опасных для здоровья человека: в местах с повышенной радиоактивностью, с целью определения количества плутония и других долгоживущих радиоактивных элементов, в производственных трубах, для контроля выброса вредных веществ, и т.п. В связи с этим и возникла потребность в дистанцировании лаборанта на безопасное расстояние от прибора. В функции ПО предусмотрена возможность такой работы удаленно, используя Internet или же по средствам локальных сетей (ЛВС). Но, в результате дистанцирования, встает вопрос осуществления безопасности с высокой степенью защиты системы, доверия к полученным результатам исследований. Другими словами, необходим полный контроль обеспечения прав доступа. На данном этапе и возникает необходимость модернизировать имеющуюся программную разработку системой аудита и разграничения доступа клиентов.

Модернизация ПО состоит в разработке подпрограммы (модуля DLL), в котором необходимо реализовать алгоритм аудита и разграничения доступа клиентов. На данном этапе алгоритм находится в стадии разработки, но можно выделить его основные части:

- аутентификация - подтверждение того, что пользователь именно тот, за кого себя выдает. Производится с помощью паролей;
- администрирование - администрирование базы данных клиентов - пользователей и их паролей;

- безопасность - шифрование базы данных паролей, исключения несанкционированного доступа (НСД) к системе, шифрование/дешифрование данных результатов измерений, для дальнейшей передачи удаленным подпрограммам.

Большое внимание обращено на безопасность, и, как следствие, на выбор алгоритма шифрования данных.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА, КОНТРОЛЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Барило Р.Б.

Для учета компьютерного обеспечения ВУЗа была разработана специальная автоматизированная система. Новая система позволяет автоматизировать рутинные операции контроля, распределения и сопровождения аппаратного обеспечения. Она также прослеживает полный цикл жизни аппаратного обеспечения ВУЗа, поступление, перемещение, обслуживание и, в конце концов, списание по истечении срока службы. Также ведется учет всех компьютеризированных рабочих мест. Основным отличием этой программной системы от других подобных ее универсальность, настройка путем заполнения соответствующих справочников и программного анализа. Информационная система позволяет вести учет всевозможных компьютерных систем разной конфигурации.

При проектировании были предусмотрены гибкость данной системы и возможность расширения в случае необходимости. Разработанная информационная модель представляет наглядную картину имеющегося компьютерного оборудования.

В ходе создания серверной части проекта возникла проблема размещения данных в таблицах. Нужно разместить данные о всех возможных названиях комплектующих, не зная наперед всех их. Ведь с развитием компьютерной техники постоянно появляются новые названия комплектующих со своими уникальными параметрами и атрибутами. Все эти показатели нужно в

обязательном порядке хранить в базе данных, а пользователь должен иметь возможность добавления нового вида комплектующих. Поэтому создание отдельной таблицы для каждого вида комплектующих не допустимо, а нужна какая-то универсальная таблица.

Кроме этого очень быстрыми темпами развиваются и модельные ряды каждого комплектующего в отдельности, что также приводит к постоянному появлению новых параметров и утрачиванию смысла некоторыми старыми, а это также требует возможности динамического добавления полей в таблицу. При этом удаление утративших смысл параметров также не допустимо, поскольку их еще могут использовать более старые модели. А при горизонтальном разворачивании в одну таблицу комплектующих новой и старой модели может появиться большое количество так называемых «дырок».

Возможность динамического добавления полей в ходе работы с программой реализуется с помощью справочников. Были и другие варианты (blob-поле, «забывание» некоторого количества полей), но в ходе проработки и анализа всех известных методов мы решили остановиться именно на справочниках. Ведь в случае «забывания» некоторого количества полей мы ограничиваем себя определенным количеством возможных атрибутов. А в случае blob-поля не получается организовать удобную и наглядную сортировку, фильтрацию и поиск.

Все dfm-файлы отчетов и редакторов справочников хранятся в специальных таблицах базы данных, и программа использует их в своей работе, а не исходные файлы, что позволяет в процессе работы программы изменять эти формы без перекомпиляции всей системы. Ведь в современных условиях очень часто меняются требования к предоставлению некоторых отчетов, а в больших организациях, где с программой одновременно работают много пользователей из разных корпусов, изменение программного кода и перекомпиляция программной системы вызывает множество сложностей связанных, в том числе, с заменой на всех КРМ старой версии программы на новую. А при хранении dfm-файлов отчетов и редакторов справочников в базе дан-

ных, достаточно одному человеку со своего рабочего места провести необходимые изменения, а на всех рабочих местах, где установлена эта программа, изменения вступят в силу автоматически.

Система выдает отчеты по запросу о составе каждого отдельно взятого КРМ, общую картину аппаратного обеспечения университета, суммарную информацию о наличии того или иного вида комплектующих как на складе, так и в целом по предприятию. При поступлении нового компьютерного оборудования, ответственный вносит в базу данных информацию о каждой отдельно взятой единице комплектующего, включая модель, серийный номер, дату начала и конца гарантии, а также множество всевозможных дополнительных параметров, которые являются практически уникальными для каждого вида комплектующих.

Отдельно заносится в базу данных информация о компьютеризированных рабочих местах организации, где каждому КРМ присваивается уникальный инвентарный номер, материально ответственный и другая информация. После этого из ранее занесенных комплектующих формируется сам состав КРМ, а каждому комплектующему присваивается дата установки. Дальше в процессе эксплуатации КРМ можно устанавливать, изымать, менять комплектующие. В состав КРМ можно включить только одно комплектующее одного типа (одна материнская плата, одна видеокарта).

В данной автоматизированной системе встроен механизм ежедневного контроля за целостностью компьютеризированного рабочего места. Это сделано с целью предотвращения подмены или изъятия некоторых комплектующих пользователем. Указанный механизм реализуется при помощи агентов следующим образом. При занесении в базу данных информации о составляющих компьютеризированного рабочего места, программным путем на нужном компьютере считывается некоторая информация о его составе (напр. серийный номер жесткого диска), которая затем заносится в базу данных.

Разработан специальный агент для клиентских компьютеров, который в фоновом режиме запускается на каждом компьютере

при загрузке операционной системы. Эта программа считывает необходимую информацию о комплектующих компьютера, проверяет и заносит полученные данные в базу данных. В базе данных предусмотрена специальная таблица, в которую заносится полученная информация, а также время и дата занесения.

## **АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПОВ ПРИРОСТА НАСЕЛЕНИЯ СУМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Пчеляной С.Г.

В наше время автоматизация на производстве и не только на нем, а и в повседневной жизни обретает все новые и новые цели. Если раньше основной целью было внедрение технологий, которые выполняли бы однотипную работу, то теперь перед наукой стала цель разработок систем, которые могут оценивать полученные данные и на основании полученных оценок выбирать варианты дальнейшей работы. Для решения этой проблемы существует метод группового учета аргументов (МГУА), предназначен для моделирования сложных систем по небольшому количеству экспериментальных данных.

Под математической моделью понимается система уравнений регрессий, служащих либо для прогноза будущего хода процесса в сложной системе, либо для описания физических и других законов, действующих в системе, либо для восстановления сложной разделяющей поверхности в задачах распознавания образов.

В основу МГУА положен принцип самоорганизации. Точность математических моделей непрерывно повышается по мере усложнения регрессии.

Существует множество моделей на данной выборке, что обеспечивают нулевую ошибку (достаточно повышать степень полинома модели). То есть, если имеем  $N$  узлов интерполяции, то можно построить целое семейство моделей, каждая из которых при прохождении через экспериментальные точки будет да-



вать нулевую ошибку. Обычно степень нелинейности берут не выше  $n-1$ , если  $n$  - количество точек выборки.

Значение ошибки зависит от сложности модели. Причем в меру роста сложности сначала она будет падать, а затем расти. Нам же нужно выбрать такую оптимальную сложность, при которой ошибка будет минимальной.

В отличие от обычных методов статистического анализа, при таком подходе можно получить достаточно сложную зависимость, даже имея короткую выборку.

Применение МГУА для задач оперативного прогноза.

Проблема состоит в выборе наиболее подходящего шаблона. Поскольку речь идет о прогнозировании полей, то можем использовать шаблон, что использует значение концентрации в соседних точках с  $q[n]$

Перебор по всем шаблонам требует больших расходов. Поэтому обычно ограничиваются только перспективными кандидатами, и тогда число шаблонов становится ограниченным.

$$X = \{q_1[n], q_1[n-1], q_2[n], q_3[n], q_4[n], q_5[n]\}$$

$$Y = q_1[n+1]$$

Дальше посредством МГУА осуществляется выбор прогнозирующего полинома.

#### **Преимущества:**

1. Можно возобновить неизвестную как угодно сложную зависимость по ограниченной выборке. Число неизвестных параметров модели может быть больше, чем число точек учебной последовательности.

2. Возможность адаптации параметров модели при получении новых данных экспериментов. (Используя РМНК)

## **МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗКУ НЕКОРЕКТНО ПОСТАВЛЕНИХ ЗАДАЧ. НОРМАЛЬНИЙ ПСЕВДОРОЗВ'ЯЗОК**

Барсукова М.В., Назаренко Л.Д.

Серед математичних задач виділяється клас задач, розв'язки яких нестійкі до малих змін вхідних даних. Вони характеризую-

ються тим, що як завгодно малі зміни вхідних даних можуть приводити до довільно великих змін розв'язків. Задачі подібного типу, власне кажучи, є погано поставленими. Вони належать до класу некоректно поставлених задач.

Класичні концепції і постановки задач не відображають багатьох особливостей задач, що зустрічаються на практиці. Ми покажемо це на прикладі.

Розглянемо систему лінійних алгебраїчних рівнянь  $Az=u$ , де  $z$  - шуканий вектор,  $u$  - відомий вектор,  $A = \{a_{ij}\}$  - квадратна матриця з елементами  $a_{ij}$ . Якщо система не вироджена, тобто  $\det A \neq 0$ , то вона має єдиний розв'язок, який можна знайти через відомі формули Крамера або іншими способами. Якщо система вироджена, то вона має розв'язок (до того ж не один) лише за умови існування розв'язку.

Якщо  $n$  - порядок системи, то для обчислення  $\det A$  потрібно виконати біля  $n^3$  операцій. З якою би точністю ми не робили обчислення, при досить великому значенні  $n$ , внаслідок нагромадження помилок обчислення, ми можемо одержати значення  $\det A$ , що як завгодно відрізняється від справжнього. Тому бажано мати (побудувати) такі алгоритми знаходження розв'язку системи, що не вимагають попереднього з'ясування виродженості або невиродженості системи.

Крім того, у практичних задачах часто права частина  $u$  і елементи матриці  $A$ , тобто коефіцієнти системи рівнянь, відомі нам приблизно. У цих випадках замість системи, ми маємо справу з дещо іншою системою  $A^1z=u^1$  такою, що  $\|A^1 - A\| \leq h$ ,  $\|u^1 - u\| \leq \delta$ , де зміст норм звичайно визначається характером задачі. Маючи замість матриці  $A$  матрицю  $A^1$ , ми тим більше не можемо знати вироджена вона чи ні.

У цих випадках про точну систему  $Az = u$  нам відомо лише те, що для матриці  $A$  і правої частини  $u$  виконуються нерівності  $\|A^1 - A\| \leq h$  і  $\|u^1 - u\| \leq \delta$ . Але систем з такими вихідними даними  $(A, u)$  нескінченно багато, і в рамках відомого нам рівня похибки вони нерозрізненні. Серед таких «можливих точних систем» можуть бути і вироджені.

Оскільки замість точної системи ми маємо наближену систему  $A'z=u'$ , то мова може йти лише про знаходження наближеного розв'язку. Але наближена система може бути і нерозв'язною. Виникає питання що треба розуміти під наближеним розв'язком системи? Воно повинно бути також стійким до малих змін вихідних даних  $(A, u)$ .

У даній роботі буде введено поняття наближеного розв'язку некоректно поставлених задач, а також буде розглянуто кілька методів знаходження таких розв'язків. Розглядається метод підбору, що має широке практичне застосування, метод квазірозв'язку, а також метод заміни вихідного рівняння близьким йому та метод квазіобернення. Як некоректно поставлену задачу ми будемо розглядати задачу розв'язку рівняння  $Az=u$  відносно  $z$ , де  $u \in U$ ,  $z \in F$ ,  $U$  та  $F$  – метричні простори. Оператор  $A$  відображує  $F$  на  $U$ . Метод полягає в тому, що для елементів  $z$  деякого задалегідь заданого підкласу можливих розв'язків  $M$  ( $M \in F$ ) обчислюється оператор  $Az$ , тобто розв'язується пряма задача.

## **ПРОГРАММНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, АВТОМАТИЗИРУЮЩИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМНОГО АДМИНИСТРАТОРА РАС- ПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

Аверин Ю.С.

Современный производственный процесс невозможно представить себе без использования информационных технологий на всех технологических этапах, начиная от разработки, заканчивая конечной стадией производства продукта. Компьютерная техника предприятия, неэффективна без объединения ее в распределенную систему обработки данных, в которой каждому элементу отводится своя особая роль. Но, наряду с положительным экономическим и производственным эффектом, это объединение несет свои негативные стороны, связанные за частую с проблемным человеческим фактором. Эти системы могут предос-

тавлять доступ к колоссальному количеству самых разнообразных данных. Поэтому возникает проблема безопасности информации и наличия рисков, связанных с автоматизацией и предоставлением гораздо большего доступа к конфиденциальным, персональным или другим критическим данным. Несанкционированная утечка информации может иметь критический характер для конкретного предприятия, и привести к большим производственно – экономическим потерям.

Основная функция разработанного программного комплекса состоит в **немедленной** сигнализации, в случае несанкционированного изменения конфигурации локального компьютера, подключенного к локальной сети, что предотвратит хищение закрытой информации, посредством записи ее на подключенное к рабочей станции устройство записи информации.

Второй немаловажной функцией является диагностика и расчет характеристик распределенной информационной системы, находящейся под контролем системного администратора. Оперативная диагностика характеристик трафика в IP-сетях имеет важное значение для повышения качества передачи информации. Вследствие влияния различных факторов на режим работы информационной сети природа сетевых взаимодействий является случайной, и количественный анализ характеристик исследуемой системы возможен на основе использования статистического подхода и аппарата теории случайных процессов. При исследовании процессов в информационных сетях обычно получают оценки характеристик сети в достаточно коротком промежутке времени, либо для довольно небольших сетевых объединений, что не дает ответа на вопрос о характере функционирования глобально распределенной сети. На сегодняшний день наибольший интерес и значимость представляет задача исследования характеристик сетевого трафика с целью анализа состояния сети для решения одной из важнейших задач сетевого администрирования, которой является мониторинг маршрутизаторов и другого оборудования магистральных сетей с целью выявления аномального поведения системы, или сбоев в работе сети. Данную задачу можно решать с помощью сбора и анализа раз-

личной статистической информации по IP-трафику, проходящему через тот или иной интерфейс сетевого устройства. Аномалии в поведении трафика определяют характер сбоя в сети и могут представлять собой, например, необоснованный рост или падение интенсивности трафика, изменения в стационарном характере трафика, чрезмерное повышение интенсивности использования отдельных частей сети и т.д.

Исследуя современные теоретические подходы к формализации анализа работы сетей, был сделан вывод о целенаправленном использовании в данной работе математического аппарата теории случайных процессов и, в частности, марковских процессов. Такой подход полностью оправдал себя, поскольку использование теории марковских процессов, оставаясь общепризнанным при исследовании свойств сетевого трафика, дало возможность наиболее просто и эффективно реализовать модель системы и тем самым достичь желаемого результата.

## **СИСТЕМА СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ВУЗА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ДОСТУПА С МОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ**

Серебрянский И.А.

В настоящее время все чаще и чаще в жизни мы используем мобильные телефоны. И уже не можем представить нашу жизнь без мобильной связи, которую используем не только для общения, но и для выхода в Интернет, чтобы быстро получить необходимую нам информацию. Уже не за горами тот день, когда у каждого студента будет мобильный телефон. Но поскольку студент посещает пары, то ему необходимо знать расписание занятий.

На данный момент расписание занятий можно узнать на кафедре, где учится студент. Так было вчера, так есть сегодня, но такого уже не будет завтра, так как прогресс не стоит на месте. С каждым днем компьютеризация поглощает все больше и больше видов человеческой деятельности. И вот компьютеризация дошла и до учебного расписания ВУЗа. В скором будущем

все ВУЗы Украины перейдут на новую волну технического прогресса, когда расписание студент сможет получить, зайдя на сайт университета со своего мобильного терминала.

Данная программная система обеспечивает удобное хранение расписания занятий, обеспечивает доступ к хранилищу данных с мобильных терминалов. Рассмотрим более подробно, как осуществляется доступ к хранилищу расписания с мобильного терминала.

Общий алгоритм работы с базой данных можно представить в следующем виде:

1. подключение к базе данных;
2. подготовка запроса к выполнению;
3. выполнение запроса;
4. выборка данных;
5. завершение работы с базой данных.

С мобильного телефона клиент подключается к Интернет и запрашивает адрес сайта расписания ВУЗа. WAP-браузер формирует запрос и отправляет его оператору мобильной связи. Оператор мобильной связи, получив сигнал, формирует HTTP-запрос, который отправляется на сайт университета. На сервере СумГУ стоит WAP-сервер Apache, который получает и обрабатывает HTTP-запрос. Далее запускается CGI-скрипт. Затем происходит подключение к базе данных. При удачном подключении функция возвращает дескриптор базы данных, и дальнейшая работа с базой данных осуществляется через этот дескриптор. CGI-скрипт формирует в зависимости от запроса соответствующее SQL-выражение, которое отправляется на обработку в базу данных. После выполнения SQL-запроса мы получаем данные и информацию о выполненном запросе. После окончания извлечения данных, возвращенных запросом, происходит завершение работы с базой данных. После этого динамически формируется WML-страница с данными SQL-ответа. Сформированная WML-страница WAP-сервером преобразовывается в HTTP-ответ и отправляется оператору мобильной связи, кото-

рый отправляет ответ WAP-клиенту. И в результате клиент может посмотреть расписание на своем мобильном терминале.

Используя данную систему можно узнать учебное расписание занятий СумГУ не только с мобильного терминала, но и с любого компьютера, где есть выход в Интернет. Система проста и удобна в использовании.

## **ПОСТРОЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ**

Кондратюк А.В.

Стремительное развитие современных компьютерных и телекоммуникационных технологий привело к переосмыслению роли многих уже существовавших общественных институтов. Одним из первых был затронут институт образования вообще, в частности – дистанционного образования. Многие традиционные педагогические методики оказались актуальными и в новых условиях, другие показали свою несостоятельность и неприменимость в новой среде обучения.

Широкие возможности компьютерных систем в области обучения были замечены достаточно давно. Ещё в 60-70 годах советские и зарубежные учёные – Брусиловский П.Л., Лобанов Ю.И. Граймс Дж. и др. – проделали большую исследовательскую работу по созданию обучающих систем, в том числе автоматизированных. Было реализовано множество проектов, накоплен богатый методический инструментарий.

Быстрый рост сети Интернет привел к тотальной информатизации общества. Однако, существующие образовательные приложения Интернет до сих пор не смогли полностью адаптировать имеющиеся наработки в области автоматизированного обучения. Большинство образовательных систем в Интернет представляют собой тривиальные учебники, переструктурированные и адаптированные для использования в сети. В те времена, когда основными пользователями Интернет были программисты или другие высокообразованные специалисты (в основном – в об-

ласти технических наук), такой подход был естественным и по-зволительным, поскольку можно было предполагать наличие некоторого базового технического образования, а также некоторое единообразие когнитивных характеристик пользователей.

Однако, в конце 90-х годов большинство пользователей сети не имеют специального технического образования. Сегодня многие используют компьютерные сети именно для того, чтобы образование получить. Поэтому необходимо учитывать резкое расширение спектра пользователей образовательных систем. Необходимо обеспечить каждому пользователю именно тот режим обучения, который для него наиболее удобен. Необходимо учитывать личностные характеристики обучаемого путём построения его модели и использования её в процессе обучения. Таким образом, сегодня существует определённое рассогласование между высоким теоретическим уровнем проделанных работ в области автоматизированного обучения – с одной стороны, и низкой методической насыщенностью существующих сетевых приложений – с другой. В основном, это можно объяснить широко распространённым заблуждением, утверждающим возможность автоматической подмены тщательно продуманных образовательных методик новыми программными и аппаратными технологиями гипермедиа.

Основной целью работы является разработка технологии проектирования автоматизированных систем дистанционного обучения, адаптирующих учебный процесс в соответствии с личностными характеристиками обучаемого, с использованием современных телекоммуникационных технологий.

В работе поставлены следующие задачи:

1. Исследовать практику применения обучающих систем в Интернет. Изучить и сравнить различные модели обучающих систем. Проверить возможность введения адаптивности в существующие модели обучения.
2. Предложить методику практического использования модели обучаемого в адаптивной автоматизированной системе дистанционного обучения. Формализовать понятие модели пользова-



теля в приложении к автоматизированным обучающим системам.

3. Предложить модель гибкой адаптивной обучающей системы, инвариантной относительно заложенной модели обучаемого. Предусмотреть механизмы расширения и модификации модели обучаемого.

4. Разработать архитектуру и основные алгоритмы адаптивной автоматизированной системы дистанционного обучения (ААСДО), учитывающей индивидуальные особенности обучаемого. Исследовать возможность применения технологии интеллектуальных программных агентов в ААСДО.

5. Сформировать тестовую модель пользователя и на её примере показать использование адаптивной обучающей системы. Показать возможные пути расширения базовой модели.

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КУРСОМ ДВИЖЕНИЯ СУДНА

Арешин С.Б.

В данной работе решается задача оптимального управления движением судна по курсу. Ставится задача найти такое управление рулём, чтобы судно поменяло курс за минимальное время, при выполнении заданных начальных и конечных условий.

Для решения задачи наиболее приемлемым является принцип максимума Понтрягина, поскольку он изначально был разработан для решения данного класса задач. Поскольку система дифференциальных уравнений, описывающая движение судна в общем случае не линейна, то непосредственное применение принципа максимума Понтрягина приводит к очень громоздкому выражению функции Понтрягина-Гамильтона, анализ которого представляет очень большую сложность.

Задача была изначально решена для случая, когда коэффициент демпфирования судна был равен нулю, и система являлась линейной.

Т.к. система с уравнениями второго порядка, то необходимо сделать лишь одно переключение руля. Поэтому можно решить

систему прямим и обратным способом и найти такое время переключения руля, при котором судно поменяет курс за минимальное время.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКАЦІІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ІЗ ЕЛІТИЗМОМ

Тронь В.А.

Генетичні алгоритми набувають широкого застосування в різних галузях науки та техніки. У машинному навчанні вони використовуються при проектуванні нейромереж або керуванні роботами. Вони також застосовуються при моделюванні розвитку в різних предметних областях, включаючи біологічні (екологія, імунологія і популяційна генетика), соціальні (такі як економіка, політичні і когнітивні системи тощо).

Проте, можливо найбільш популярне застосування генетичних алгоритмів — оптимізація багатопараметричних функцій. Багато реальних завдань можуть бути сформульовані як пошук оптимального значення, де значення — складна функція, що залежить від вхідних параметрів. У деяких випадках потрібно знайти ті значення параметрів, при яких досягається найкраще точне значення функції. В інших випадках знання точного оптимуму не потрібно, тоді розв'язанням задачі може вважатися будь-яке значення, що належить допустимій області. У цьому випадку генетичні алгоритми є найбільш прийнятним методом для оперативного пошуку "гарних" значень. Сила генетичного алгоритму укладена в його здатності маніпулювати одночасно багатьма параметрами. Запропоновано генетичний алгоритм, в якому реалізовано ідею елітизму. Вона полягає в тому, що найкраща особина популяції автоматично переходить в наступне покоління. Це дозволяє суттєво підвищити оперативність та ймовірність знаходження глобального максимуму, оскільки на етапі кросинговеру найкраща особина має найвищу ймовірність утворення потомства, котре також буде знаходитися близько від найкращого значення функції.

У роботі реалізовано генетичний алгоритм для знаходження глобального екстремуму двопараметричної функції. Процес навчання закінчується, коли протягом заданого числа епох значення глобального екстремуму не змінюється.

У процесі аналізу результатів роботи програми було зроблено наступні висновки:

- Оптимальна кількість хромосом для роботи програми складає приблизно 400 особин для двовимірного простору. Менша кількість сильно знижує ймовірність знаходження глобального екстремуму, адже популяція може його пропустити. Більша кількість робить малоімовірним перехід до глобального екстремуму, якщо більшість хромосом опинилася в локальному екстремумі. Наприклад, якщо кілька особин внаслідок мутації опиняться в локальному екстремумі, то перехід популяції в глобальний екстремум малоімовірний, адже кількість хромосом у локальному екстремумі незрівнянно більше, ніж у глобальному. Тому мала ймовірність утворення нащадків у хромосом, які опинилися в глобальному екстремумі. Окрім того, кількість хромосом більше 10000 суттєво гальмує роботу програми. Однак при збільшенні розмірності задачі збільшення кількості хромосом видається доцільним.

- Оптимальна розрядність генів — 32 біти. Це не лише різко підвищує точність результату, але й збільшує на 5-10% ймовірність знаходження глобального екстремуму, хоча дещо гальмує роботу програми.

- Оптимальною ймовірністю кросоверу є 0,2. При цьому більша ймовірність зменшує ймовірність знаходження глобального екстремуму внаслідок проходження в наступні епохи не дуже пристосованих особин, а менша ймовірність різко зменшує популяцію.

- Прийнятна ймовірність мутації 0,1. При меншій мутації втрачається її практична цінність — випадкове розсіювання хромосом. При більшій ймовірності мутації — зменшується швидкість роботи програми і ймовірність знаходження глобального екстремуму через надмірне розсіювання.

- Оптимальна ймовірність інверсії — 0,15. При перевищенні 0,2 інверсія різко зменшує ймовірність і швидкість знаходження глобального екстремуму. Якщо ймовірність інверсії дорівнює 0, то це особливо не відбивається на результатах роботи програми.

- Стратегія елітизму збільшує ймовірність знаходження глобального екстремуму на 10-25%, залежно від інших параметрів.

При оптимальному коригуванні параметрів ймовірність знаходження глобального екстремуму становить близько 99,9%.

Таким чином, ефективність роботи генетичних алгоритмів сильно залежить від перелічених вище параметрів, а також від інших критеріїв успіху. Однак цей метод дає прийнятний результат при високій оперативності, і тому він має перспективи у майбутньому.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАС- СЫЛКИ НОВОСТЕЙ ДЛЯ КРУПНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СУМГУ**

Панасенко И.Н.

Актуальная, грамотно и точно изложенная информация на официальном web-сайте организации является составляющей успешной деятельности организации, сотрудничества с отечественными и зарубежными партнёрами, поиска новых. Web-сайт - это часть имиджа, это информационный центр, который работает 24 часа в сутки 365 дней в году и без перерывов на обед. По сравнению с печатной и телевизионной рекламой, которая нередко рассматривается потребителем как агрессивная и навязчивая, web-сайт предлагает информацию в так называемом режиме "Info on Demand" ("Информация по требованию").

В постоянно меняющемся информационном поле, на официальном web-сайте СумГУ так же необходимо обеспечивать актуальность предоставленной информации. Для выполнения данной цели был создан раздел новостей, куда поступает информа-

ция о запланированных и состоявшихся (с результатами) событиях из жизни университета.

При такой большой структуре как университет возникает необходимость создания системы добавления новостей, их редактирования и, при необходимости, рассылки почтой. Возможности системы должны предоставлять функцию добавления новости даже для пользователя, не знакомого с технологиями HTML и XML, визуальное форматирование текста новости, добавление графических файлов.

Для обеспечения разграничения доступа необходимо создать несколько групп пользователей. Разработка системы почтовой рассылки новостей обеспечит своевременное доведение информации до конкретных получателей, а главное в неискажённом виде.

Среди большого выбора уже реализованных систем обновления новостей на сайте, ни одна не обеспечивает необходимых функций в полном объёме:

- комплексная программная реализация для управления web-публикациями;
- рассылка новостей почтой;
- разграничение доступа к системе;
- организация двух видов новостей – «горячие» новости и статья (создание шаблонов для отображения новости типа headline и новости типа online);
- обновление списка «горячих» новостей;
- ведение протокола доступа к системе;
- визуальное редактирование текста новости.

Серверная часть реализована на Perl и активно использует модули XML::LibXML, XML::LibXSLT т.к. именно на базе этих технологий и пакета AxKit успешно работает сервер СумГУ.

Разграничение доступа к системе реализовано с помощью разных групп пользователей. Реализация проверки типов пользователя, если тип определён как «prof», пользователю будет дана возможность отключить проверку форматирования с помощью Tidy. Для пользователя и типом «trust» проверка будет выполняться автоматически.

Система редактирования списка новостей позволяет постранично посмотреть и отредактировать заголовки новостей, добавить и удалить новость, изменять порядок новостей, создавать и просматривать подкаталоги. Каждой новости соответствует два поля:

- «Заголовок» — показывает заголовок новости, который может быть отредактирован пользователем;
- «Ссылка» — показывает путь, по которому новость хранится на сервере.

Для списка «горячих» новостей используется параметр, позволяющий задавать время хранения новости в данном списке. Для этого необходимо указать дату, до которой новость должна быть размещена в «горячих» новостях.

При добавлении новости, есть возможность выбора метода донесения информации до пользователей:

1. публикация на сайте;
2. отправка новости почтой (применительно к новостям административного характера);
3. публикация на сайте и отправка почтой (информация, которая должна быть быстро донесена до пользователей).

Специально разработанный XSL-документ реализует XSLT для отображения интерфейса редактирования, формирования страницы, публикации на сайте или предварительного просмотра (при предварительном просмотре новости обеспечивает наличие меню, которое позволяет возвратиться к редактору для дальнейшей работы с новостью или удалить её.).

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ „КРИПТОЛОГИЯ” ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА ОБУЧЕНИЯ**

Гречаник В.Н.

Бурное развитие информационных технологий в последние несколько лет привело к появлению нового популярного термина - компьютерное дистанционное обучение. Дистанционное обучение - это совокупность методик и современных техниче-

ских средств обучения, позволяющих вести процесс образования когда преподаватель и учащийся территориально отдалены друг от друга.

Проверка заданий преподавателем - трудоемкий и медленный процесс. Это еще более справедливо в дистанционных курсах. Именно поэтому стоит рассмотреть возможности создания средств быстрой автоматической проверки реализованных студентами программ.

В ходе изучения дистанционного курса "Криптография" студенты должны получить следующие знания и навыки:

- умение программно реализовать известные алгоритмы шифрования и дешифрования по заданным спецификациям;
- умение сформулировать и реализовать недостающий блок криптосистемы, например, по заданному (возможно нестандартному) алгоритму шифрования - сформулировать и реализовать алгоритм дешифрования;
- основы криптоанализа сообщений.

Подготовлены к использованию в дистанционном курсе "Криптография" набор практических задач, включающий как простые задания, так и задания на реализацию современных методов шифрования согласно стандартам.

Для закрепления практических навыков студентам, предлагается самостоятельно реализовать на одном из языков программирования заданный алгоритм шифрования или дешифрования. Рассмотрены вопросы реализации практических заданий в курсе "Криптография", предложена модель автоматической проверки программных решений. Разработана информационная модель хранения, выполнения и проверки заданий, обеспечения безопасности.

Рассмотрены проблемы безопасности, возникающие при автоматической проверке программ, предложены способы их решения на основе технологий SELinux. Спецификация и проверка заданий согласно модели может быть использована также в таких учебных курсах, как "Программирование", "Численные методы" и др.

Разработанная модель предоставляет возможность преподавателям включать в дистанционные курсы задания, требующие программной реализации.

Автоматическая проверка таких заданий имеет ряд достоинств:

- существенно снижается нагрузка на преподавателя;
- строгая спецификация заданий дисциплинирует написание кода студентами;
- проверка заданий по набору тестов стимулирует принятие модели "test driven development"

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ .NET REMOTING И XML WEB SERVICES НА ПЛАТФОРМЕ .NET**

Волк А.Ю.

Построение распределённых информационных систем стало обычной практикой для системных архитекторов и разработчиков систем уровня предприятия.

К распределённым системам традиционно относят клиент-серверные системы, функционирующие на основе Web-технологий, DCOM (COM+), CORBA, RMI, .NET Remoting или XML Web Services. Эти технологии (кроме, пожалуй, XML Web Services) – развитие идеи вызова удалённых процедур (Remote Procedure Call, RPC) путём передачи данных между объектами представителями клиента и сервера. Эти объекты обмениваются данными посредством сетевых протоколов.

С появлением платформы .NET количество доступных решений для построения распределённых систем увеличился ещё больше. Это объяснимо, так как только эта платформа предлагает несколько способов удалённого взаимодействия. В работе предполагается разработать методику оценки производительности, условий применимости и расширяемости практически всех вариантов построения распределённых систем на платформе .NET.



Технология Remoting была разработана для создания распределенных приложений. С ее помощью можно обращаться к экземплярам классов .NET, находящимся за пределами собственного домена (application domain). Это может быть другое приложение внутри одного процесса (например, обращение из одного ASP.NET приложения к объектам другого), другой процесс на том же компьютере, или процесс на другом (в том числе, подключенном через Internet). Веб-сервисы (web services) представляют собой набор методов, доступных посредством Internet по одному адресу URL с помощью открытых стандартов обмена данными. По замыслу создателей платформы .NET они являются строительными блоками разрабатываемых на этой платформе веб-приложений.

Для реализации поставленной задачи необходимо реализовать удаленный объект в виде класса (сборки), который и будет использоваться во всех тестированиях. В этом же классе реализуется подсчет количества запросов к методам и времени выполнения операций. Для достоверной оценки времени выполнения операций, тестируемое действие выполняется несколько раз (от десятков до сотен прогонов), а полученные результаты усредняются.

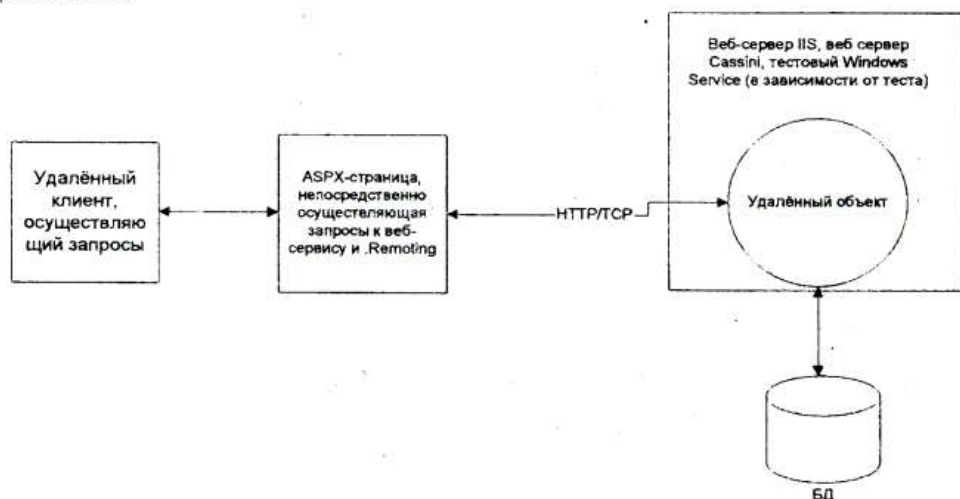


Рисунок 1. Схема тестирования

Тестировать необходимо следующие варианты распределенных систем:

- ASP.NET Web Service на IIS
- ASP.NET Web Service на Cassini Web Server
- Remoting (сервер – Windows Service, протокол TCP, формат – Binary)
- Remoting (сервер – Windows Service, протокол TCP, формат – SOAP)
- Remoting (сервер – Windows Service, протокол HTTP, формат – Binary)
- Remoting (сервер – Windows Service, протокол HTTP, формат – SOAP)
- Remoting (сервер – IIS, протокол HTTP, формат – TCP)
- Remoting (сервер – IIS, протокол HTTP, формат – SOAP)

Тестовые конфигурации, использующие .NET Remoting, должны тестироваться в рамках всех моделей удалённых объектов:

- Singleton – объект создаётся один раз и используется всеми клиентами.
- Singlecall – объект создаётся при каждом вызове любого из его методов.
- Client activation – созданием объекта управляет клиентское приложение.
- Передача объекта по значению.

Таким образом, для построения распределённых систем, работающих в локальной сети под управлением ОС Windows наиболее подходит комбинация .NET Remoting, протокола TCP и формата Binary. Для гетерогенных систем и систем работающих в Internet наиболее целесообразно использовать XML Web Services и веб-сервер IIS.

## АНАЛІЗ АЛГОРИТМА „ВИДАЛЕННЯ НАСИЧЕНИХ ДУГ”

Барило О.Б., Маслова З.І.

В зв'язку з тим, що в Україні стоїть питання про налагодження нових економічних зв'язків, поставщиків сировини і продукції, важливим являється задача аналізу існуючої системи транспортування по території країни. В більшості випадків це зводиться до вирішення задачі про знаходження максимального потоку через транспортну сітку.

Існує кілька методів вирішення даної задачі, але найбільш розповсюдженим є метод Форда - Фалкерсона, для комп'ютерної реалізації якого розроблений спеціальний алгоритми.

У даній роботі пропонується новий метод, алгоритм якого ґрунтується на видаленні насичених дуг. Алгоритм роботи:

1. Нумеруємо вершини графа  $V_1..V_n$ . відповідно.
2. На ребрах з вершинами  $V_pV_k(k < n)$  знаходимо ребро з максимальною пропускною здатністю (якщо 2 або більше однакові, то останнє).
3. З ребер з вершинами  $V_k-V_m$  вибираємо те, де  $m$  - найбільше.
4. Якщо  $m > n$ , то повертаємося до пункту 3
5. По отриманому маршруті ми знаходимо ребро з найменшою пропускною здатністю  $\varphi_i$
6. Від кожного ребра даного маршруту віднімаємо по  $\varphi_i$ , а загальна пропускна здатність  $p = \varphi + \varphi_i$ .
7. Якщо після цих пунктів ми отримали вершину, яка зв'язана тільки одним ребром (крім  $V_1, V_n$ ), то ми її видаляємо.
8. Продовжуємо працювати за попереднім принципом до тих пір, доки між  $V_1..V_n$  існує маршрут, в іншому випадку ми отримуємо найбільшу пропускну здатність  $\varphi_{\max} = \varphi_i$

Перевага даного алгоритму порівняно з іншими в тому, що в ньому не переглядається вся остаточна сітка на кожному кроці, а процес зводиться до аналізу околиці вершини(не кожної, як за Фордом - Фалкерсоном).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ФИЛЬТРОВ В ОБРАБОТКЕ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

Алфимов А. Г.

В настоящее время широкое распространение получили цифровые методы обработки и передачи информации, что обусловлено новейшими достижениями микроэлектронной техники. Одним из основных направлений развития методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) является фильтрация. Область использования цифровых фильтров разнообразна: радиолокация, телевидение, обработка биомедицинских данных.

В области обработки биомедицинских сигналов традиционно используются линейные методы ЦОС. Линейные фильтры являются оптимальными в случае, когда информационный спектр сигнала находится в различном диапазоне с помехой. Однако в спектре биомедицинских сигналов, в частности электрокардиограммы, содержатся как высокочастотные, так и низкочастотные компоненты, которые находятся в одной полосе с помехами и устраняются при использовании фильтров низких и высоких частот, что приводит к искажениям информативности сигналов при обработке.

Среди нелинейных фильтров наилучшими по эффективности являются, как правило, локально-адаптивные алгоритмы, которые учитывают особенности поведения сигнала, а также характер помех в пределах скользящего окна, и в зависимости от характеристик выбирают один из заданных типов фильтров, наиболее оптимальный для данной локальной сигнально-помеховой обстановки. Методика адаптации состоит обычно в следующем: для окрестности каждого текущего отсчета рассчитываются один или несколько статистических параметров, т.е. показателей локальной активности (ПЛА), сравнивают их с одним или несколькими порогами, а затем в качестве выходного значения адаптивного алгоритма выбирают или рассчитывают выходной сигнал для одного из однопроходных фильтров, использование которого для данного участка представляется наиболее целесо-

образным. При этом возникают следующие задачи: выбор наилучших ПЛА и порогов, позволяющих с достаточной точностью идентифицировать локальную сигнально-помеховую обстановку, что связано с большими трудностями, т. к. предлагаемые ПЛА не всегда отвечают необходимым требованиям, а также выбор оптимальных фильтров в качестве компонент адаптивного алгоритма. При этом следует провести анализ эффективности фильтрации, как различных однопроходных фильтров, так и адаптивных алгоритмов на их основе.

Таким образом, для обобщенной характеристики качества вторичной обработки следует провести анализ динамических и статистических свойств различных методов фильтрации при разнообразных помеховых ситуациях на тестовой модели, достаточно похожей на реальные сигналы, включающей различные их фрагменты.

Векторные, нелинейные фильтры нашли успешное практическое применение в различных областях: это обработка многомерных сильно коррелированных данных в многоканальных системах дистанционного зондирования и фильтрации радиолокационных сигналов, многоканальная обработка цветных изображений, биомедицинские приложения.

Достоинством использования векторной обработки является то, что многомерное представление сигнала позволяет учесть корреляцию между данными, и в то же время векторные нелинейные фильтры сохраняют присущие им в скалярном представлении свойства. Значения отсчетов в  $m$ -каналах, соответствующие одному моменту времени, рассматриваются в единстве как координаты  $m$ -мерного вектора, что позволяет учесть при их обработке векторными методами межканальную корреляцию данных, т.е. корреляцию между координатами (компонентами) векторов.

## **РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ И ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРОМАШИН**

Волик А. А.

Известно, что все течения жидкостей и газов делятся на два резко различных типа: спокойные и плавные течения, называемые ламинарными; и турбулентные течения, при которых скорость, давление, температура и другие гидродинамические величины беспорядочно пульсируют, крайне нерегулярно изменяясь в пространстве и во времени.

Исследование турбулентных течений базируется на полуэмпирических теориях, которые используют информацию о корреляциях турбулентной скорости и приближенные представления о механизме турбулентной вязкости.

Для построения эффективной математической модели принципиальное значение имеет вопрос о природе турбулентности, ее главном источнике. Мы придерживаемся следующей концепции.

Основным источником турбулентных движений являются вихри. Турбулентное течение представляет собою существенно нестационарное движение жидкости или газа, порожденное потерей устойчивости и распадом упорядоченных вихревых образований - пелен, превращением их в вихревые ансамбли. Последние, двигаясь вместе со средой, видоизменяются, вращаются, захватывают друг друга и распадаются, образуя как новые макроструктуры, так и выделяя мелкие вихри.

Изучение турбулентности связано с двумя крупными задачами. В первой происходит рассмотрение процесса образования вихрей, выявление и моделирование причин, генерирующих вихри, описание их появления и начального этапа развития.

Во второй производится анализ «жизни» этих вихрей, моделирование их движения, потери устойчивости, образования но-

вых устойчивых форм (ансамблей), превращения крупных ансамблей в мелкие, диффузии вихрей и т.д.

Механизмы зарождения и появления вихрей таковы:

1. Образование вихревых пелен, связанное с огибанием острых кромок и изломов на поверхности обтекаемого тела.

Жидкость и газ не могут плавно огибать их, что можно объяснить и с позиции идеальной, и вязкой среды. В первом случае возникнут бесконечные скорости и разрежения, во втором – возникнут явные предпосылки для отрыва пограничного слоя.

2. Образование вихревых следов, вызванное отрывом пограничного слоя с поверхности гладкого тела. Если на теле возникли условия, когда пограничный слой уже не может далее развиваться и существовать и он отрывается от тела, то в поток за телом сходится система вихрей.

Первым этапом решения задачи является численный расчет на ЭВМ развития картины течения в рамках схемы идеальной среды или идеальной среды и пограничного слоя.

На втором этапе исследования, используя теорему о рассеивании энергии, можно определить работу всех сил, действующих на массу жидкости в конечном объеме. Работа определяется скалярным произведением тензора напряжений и тензора скоростей деформации. Следовательно, при движении несжимаемой жидкости, заключенной в неподвижном объеме, полное количество рассеиваемой механической энергии за секунду будет зависеть только от интенсивности вихрей внутри объема, включая свободные.

Таким образом, используя модель потенциального течения жидкости, можно оценить отдельные характеристики турбулентного потока, а следовательно и улучшить технико-экономические показатели.

## ОПТИМІЗАЦІЯ СЛОВНИКА ОЗНАК РОЗПІЗНАВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОЇ СПАДНОЇ СПРЯМОВАНОЇ СЕ- ЛЕКЦІЇ

Шелехов І.В.

Методи послідовної селекції належить до групи методів оптимізації словника ознак розпізнавання (ОР), що в процесі оптимізації оперують тільки одним поточним словником. На кожній ітерації додаються або видаляються ОР доки отриманий словник не буде задовольняти певному критерію. Ці методи поділяються на дві категорії: такі, що починають з пустого словника і додають ОР (послідовна “висхідна” або “направлена вперед” селекція), і такі, що видаляють ОР з повного вихідного словника (послідовна “спадна” або “направлена назад” селекція). Їх основним недоліком є те, що без перевірки всіх можливих підмножин вихідного словника ОР вони не гарантують оптимального результату через проблему вкладеності. Ця проблема полягає в тому, що ОР, яка була внесена до словника не може бути видалена із словника в процесі оптимізації. На базі цих методів були розроблені оптимальний метод гілок та границь Кіттлера для двох класів та два методи “спрямованої” оптимізації словника ОР: послідовної висхідної спрямованої селекції та послідовної спадної спрямованої селекції (ПССС), що характеризуються складністю та часом обчислень більшими ніж їх попередні аналоги, але вони дозволяють вирішити проблему вкладеності завдяки застосуванню пошуку з поверненням [1].

Критерій, за яким проводиться вибір ОР, що буде додаватися або видалятися із словника, базується оцінці інформативності. Розглянемо розв’язок цієї задачі в рамках метода функціонально-статистичних випробувань (МФСВ), який передбачає побудову деяким оптимальним в інформаційному розумінні способом розбиття простору ОР на класи [2]. Для оцінки інформативності ОР необхідно визначити вплив окремої ОР на екстремальне значення ентропійного критерію функціональної ефективності (КФЕ) навчання, якій для рівноймовірних двоальтернативних гіпотез має вигляд:



$$E = 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{\alpha}{\alpha + D_2} \log_2 \frac{\alpha}{\alpha + D_2} + \frac{D_1}{D_1 + \beta} \log_2 \frac{D_1}{D_1 + \beta} + \frac{\beta}{D_1 + \beta} \log_2 \frac{\beta}{D_1 + \beta} + \frac{D_2}{\alpha + D_2} \log_2 \frac{D_2}{\alpha + D_2} \right), \quad (1)$$

де  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  – точнісні характеристики системи керування: помилки першого та другого роду, перша та друга достовірності відповідно. Таким чином ОР можна розділити на три категорії: інформативні, вплив яких збільшує КФЕ, неінформативні, що не впливають на КФЕ, та заважаючі, включення яких в словник зменшує значення КФЕ.

В процесі навчання проводилась оптимізація геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання та системи контрольних допусків на ОР. Оптимізація словника ОР за методом ПССС в рамках МФСВ складалася з двох етапів:

- 1) оцінка інформативності окремих ОР відносно поточного словника та видалення найменш інформативної з них;
- 2) оцінка інформативності окремих ОР, що були вилучені раніше, відносно поточного словника та додавання найбільш інформативної з них.

Для поліпшення оперативності етап 2 проводився лише після видалення заважаючих ОР. Ітерації проводилися поки отриманий словник не задовольняв максимуму КФЕ.

Як приклад розглядалася оптимізація словника ОР при розпізнаванні двох стаціонарних за яскравістю зображень, рецепторне поле яких дорівнювало  $100 \times 100$  пікселів, тобто потужність вихідного словника ОР дорівнювала 100. При цьому максимальне середнє значення КФЕ (1) для двох класів дорівнювало  $E^* = 0.654$ , для першого класу  $X_{1,0}^o$  радіус контейнера в кодових одиницях дорівнював  $d^*_{1,0} = 30$ , для другого класу  $X_{2,0}^o$  –  $d^*_{2,0} = 44$  і міжцентрова відстань –  $d_c = 61$ . Відповідно для оптимального словника ознак параметри навчання дорівнювали:  $E^* = 0.978$ ,  $d^*_{1,0} = 11$ ,  $d^*_{2,0} = 14$  і  $d_c = 22$ .

Таким чином, застосування методу ПССС в рамках МФСВ дозволяє отримати високі точнісні характеристики СК, що навчається.

*Література*

1. M. Kudo and J. Sklansky. Comparison of algorithms that select features for pattern classifiers. Pattern Recognition, 33(1):25–41, 2000.
2. Krasnopoyasovskiy A. S. Intellectual control systems informational synthesis: An approach based on functional-statistic trials method. Sumy State University publishing house, Sumy, 2004. - 261 p

## **БЮДЖЕТИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Маглой С. А.

Повышение бюджетной дисциплины и исключение нецелевого использования денежных средств является важным и эффективным инструментом увеличения прибыли предприятия. Решение этой задачи возможно путем построения автоматизированной системы долгосрочного и оперативного планирования и автоматизированной системы контроля исполнения бюджета.

В области планирования необходимо обеспечить следующие функции:

- координация и синхронизация процесса планирования в масштабах всего предприятия;
- согласование долгосрочного и оперативного планирования;
- построение скользящих прогнозов и динамического моделирования;
- использование многовариантных бюджетов;
- обеспечение двунаправленного планирования (сверху вниз и снизу вверх).

В области контроля необходимо обеспечить следующие функции:

- сопоставление всех платежей соответствующим бюджетным статьям;
- оперативный контроль исполнения бюджетов;
- блокировка платежей при превышении бюджетного лимита;

- оперативное согласование доходной и расходной частей бюджетов;
- обеспечение защищенности определенных бюджетных статей;
- одновременное применение нескольких бюджетных моделей.

Реализация вышеперечисленных задач возможна на основе методологии и программного обеспечения mySAP ERP. Применение предлагаемой модели внедрения позволит:

- максимально использовать существующие на предприятии информационные системы за счет технологий интеграции;
- значительно сократить срок внедрения за счет применения готовых программных модулей и predetermined бизнес-процессов;
- получить ожидаемый результат за счет использования разработанных и опробованных программ адаптации пользователей.

## **О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

С.П.Шаповалов

Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) имеет достаточную прозрачность и привлекательность при решении экономических проблем, что обусловлено по крайней мере двумя причинами: 1. Построение экономико-математических моделей в большинстве случаев приводит к поиску экстремума функции многих переменных на области допустимых планов, которая задается системой ограничений. А при нелинейности модели, такая постановка ведет или к проблеме линеаризации или подборе приближенного метода. 2. Любая экономическая ситуация несет в себе элементы случайности или неопределенности. А это наводит на мысль к использованию случайности против самой себя не вникая в сложности экономических построений.

Представляет интерес применение алгоритма Монте-Карло в экономических ситуациях и проблемах, описываемых математической теорией игр. Классические традиционные методы решения таких задач – это сведения математической модели к задаче линейного программирования или применение методов приближений.

В частности модель теории игр для смешанных стратегий приводит к поиску решения системы неравенств

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}p_1 + a_{12}p_2 + \dots + a_{m1}p_m \geq v, \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + \dots + a_{m2}p_m \geq v, \\ \dots\dots\dots \\ a_{1n}p_1 + a_{2n}p_2 + \dots + a_{mn}p_m \geq v, \end{array} \right.$$

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1,$$

где  $v$ - цена игры,  $p_i$  вероятности применения чистых стратегий,  $a_{ij}$ -элементы платежной матрицы игры.

Приводятся сравнительные расчеты решений и приводится обобщения по применению метода Монте-Карло.

## **СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕЗОНАНСНЫХ ПИКОВ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

К.т.н., доц. Пузько И.Д., студ. Дзюба А.А.

В связи с расширением практики использования систем автоматизированного проектирования для разработки машин и конструкций актуальным вопросом является выявление и формирование регрессионных зависимостей между техническими параметрами объектов. Такие зависимости описаны нами спектральными методами.

В нашей работе приведены и проанализированы новые спектральные частотно-скоростной, амплитудно-скоростной и фазо-скоростной методы параметрической идентификации резонансных пиков колебательных систем с конечным числом степеней свободы. Получены спектры частот, амплитуд и фаз максимумов огибающих полуразмахов колебаний ди-

намических резонансных пиков, соответствующих скоростям сканирования частоты сигнала, возбуждающего колебательную систему.

Предполагается, что решена задача декомпозиции многомассовой колебательной системы с конечным числом степеней свободы.

Показано, что применение конечных интегральных преобразований приводит к формированию в конечном итоге регрессионных зависимостей для резонансных частот и амплитудных значений полуразмахов колебаний на этих частотах динамических резонансных пиков амплитудно-частотных характеристик. Применение классического метода наименьших квадратов решает задачу оценки параметров полученных регрессионных зависимостей.

Проведено компьютерное моделирование математической модели в форме линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Проведен анализ и решена задача параметрической идентификации слабодемпфированной колебательной системы.

Моделировались режимы развертки частот как в сторону возрастания, так и в сторону убывания при изменении скорости развертки в диапазоне  $(1 - 1000) \text{ с}^{-1}$ .

Получены зависимости оценок значений резонансной частоты от числа опытов, а также зависимости значений частот максимумов огибающих полуразмахов колебаний динамических резонансных пиков от скоростей развертки частот.

Численные значения оценок резонансной частоты, полученных при моделировании спектральным методом, с достаточной для практического использования точностью подтверждают возможность применения спектрально-скоростного метода параметрической идентификации резонансных пиков слабодемпфированных колебательных систем.

Проведено также компьютерное моделирование математической модели в форме нелинейного неоднородного

дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Решена задача структурной идентификации колебательных систем такого класса.

Получена оценка максимальной скорости сканирования частоты, при реализации которой не решается задача структурной идентификации.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ПРЕДВКЛЮЧЕННЫМ ШНЕКОМ

Авраменко В.В., доц.; Богатыренко Ю.М. ст. гр. ПМ-01

Существует ряд методов технической диагностики, использующие виброакустические сигналы. Диагностическая информация используется для оценки работоспособности обследуемых объектов и для прогнозирования их дальнейшего поведения. Необходимо реализовать корреляционно-экстремальную систему технической диагностики проточной части центробежного насоса с предвключенным шнеком.

При исследовании систем технической диагностики, использующих виброакустические сигналы, было определено, что зависимость между гидродинамическим шумом  $I_{ш}$  и давлением на всасе  $P_{вс}$  имеет такой же вид, как и зависимость расхода  $Q_{воды}$  от  $P_{вс}$  и имеет вид рис.1.

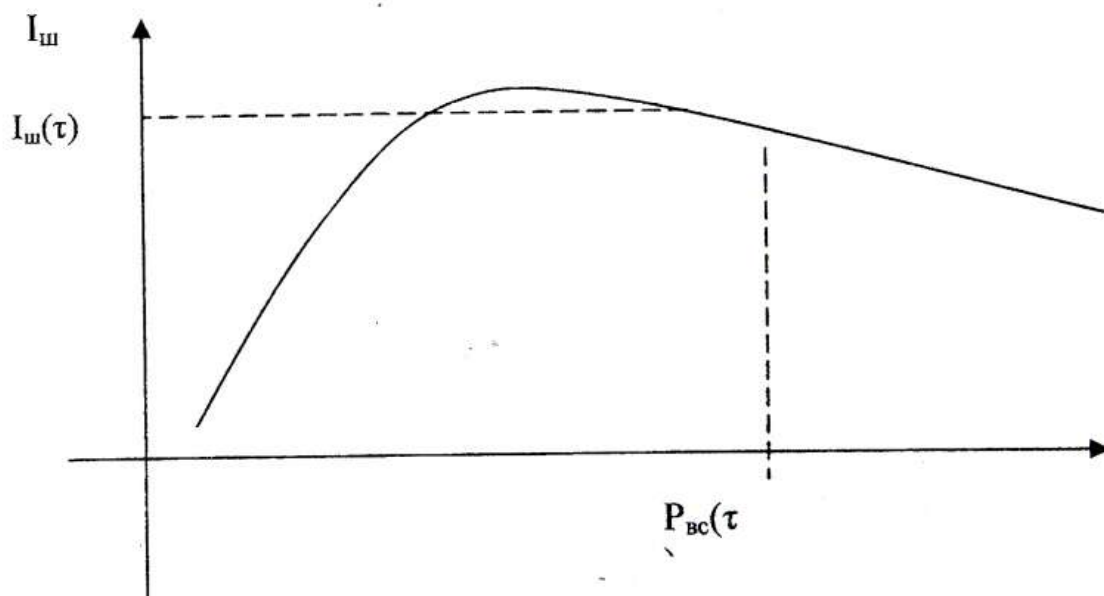


Рис.1. Зависимость шума  $I_{ш}$  от давления на всасе  $P_{вс}$

Рабочая точка определяется давлением  $P_{вс}$  и соответствующим расходом  $Q_{воды}$  и может находиться как на экстремуме этой зависимости так левее и правее его. Расход, давление на всасе, а также гидродинамический шум носят случайный характер и представляют собой реализации стационарных случайных процессов. Необходимо по реализациям случайных процессов определить текущее положение рабочей точки, а для этого необходимо вычислять взаимную корреляционную функцию между  $P_{вс}(\tau)$  и  $I_{ш}(\tau)$ . Если взаимная корреляционная функция отрицательная, то это свидетельствует о том, что рабочая точка находится правее экстремума зависимости  $I_{ш}(\tau)$  от  $P_{вс}(\tau)$ . Если равна нулю – на экстремуме, если положительная – левее экстремума.

Разработан алгоритм и программа для компьютерной реализации корреляционно-экстремальной системы технической диагностики проточной части центробежного насоса с предвключенным шнеком.

Предусмотрены 2 режима работы программы:

- определение положения рабочей точки насоса по записанным в исходные файлы массивам значений давления на всасе насоса и гидродинамическом шуме
- моделирование работы корреляционно-экстремальной системы технической диагностики.

## **ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Карпуша В.Д. к.ф.-м.н., доцент; Швец У.С., аспирант

Большой интерес к аморфным металлам и их сплавам обусловлен очевидными преимуществами физических свойств  $P_{вс}$  этих материалов по сравнению с традиционными материалами. Как правило, для промышленного использования аморфные сплавы должны одновременно обладать определенным набором физических свойств. К ним относятся как механические



характеристики, позволяющие производить обработку сплавов, так и необходимые в конкретном случае магнитные, электрические и другие свойства. В результате поиска аморфных материалов, отвечающих этим требованиям, были получены многокомпонентные сплавы, содержащие различные атомы металлов и металлоидов. Так, например, сплавы типа Fe-Si-B широко используются в качестве магнито-мягких материалов, так как коэффициент полезного действия трансформатора с сердечником из этих аморфных сплавов может превышать 99%. Однако для функционирования в таких трансформаторах сплав должен обладать устойчивостью структуры к термическим, деформационным и другим воздействиям в течение длительного промежутка времени.

Для аморфных сплавов характерна неоднородность структуры, в том числе и по глубине. В связи с этим изучение многокомпонентных сплавов затруднено неравномерностью компонент элементов сплава в зависимости от глубины залегания исследуемого слоя.

В настоящей работе была изучена взаимосвязь между толщиной приповерхностного слоя аморфных сплавов  $Fe_{78-x}Ni_xSi_9B_{13}$  ( $x = 0, 1, 4, 8, 16, 21$  ат. %) и температурой их кристаллизации. Образцы аморфных сплавов были получены методом спиннингования расплава. Исследования были основаны на бесконтактном и не разрушающем поверхность спектроэллипсометрическом методе Битти-Кона. Толщины приповерхностных слоев вычислены путем решения обратной задачи эллипсометрии для модели «однородная тонкая пленка – однородная подложка» при угле падения света, равном  $\varphi = 72^\circ$  в диапазоне длин волн, падающего света  $\lambda = 248\div 1220$  нм, и сводилось к минимизации целевого функционала.

Наряду с оптическими исследованиями были получены данные компонентного состава приповерхностного слоя сплава в аморфном и кристаллическом состояниях методом оже-спектроскопии.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для данных сплавов существует тенденция к увеличению

температури кристаллізації с ростом толщины приповерхностного слоя. Установлено, что такая зависимость наблюдается при больших длинах волн, что объясняется тем, что при увеличении длины волны падающего света увеличивается толщина зондируемого слоя, то есть увеличивается информативность приповерхностного слоя, а, следовательно, и полученных результатов исследования.

Обнаружено, что с увеличением концентрации никеля уменьшается температура кристаллизации сплава. Анализ данных компонентного состава приповерхностного слоя, полученных методом оже-спектроскопии, свидетельствует о его обогащении комплексами атомов с наиболее сильными химическими связями. Такие результаты подтверждают предположение о наследовании аморфными сплавами некоторых закономерностей структуры исходного расплава.

## **SIMULATION OF SELF-ORGANIZED CRITICALITY WITHIN THE FRAMEWORK OF SANDPILE MODEL**

Kharchenko D.O., Vernyhora I.V.

In this work we study the model of a sandpile, introduced by Bak, Tang and Wiesenfeld in 1987, as an example of the self-organized criticality. We investigate a simple deterministic model on the square lattice (with open boundaries) within the framework of cellular automata theory.

We consider a lattice with some randomly chosen configuration (each site has a value = 0..3, to associate 0 as an empty site, 1 as a site with one grain of sand, 2 as a site with two grains and a critical site with number 3). If on a critical site one grain is added, then it topples on four neighbors with addition one grain to each of them. As a result a former critical site became empty. Such a procedure continues to run in a whole system.

The chosen model with open boundaries allows sand grains to dissipate, reaching the edges of the lattice. According to this model, the system self-organizes to some "critical state" in which the further

sites topplings occur the avalanches. The dynamical process creates a stationary state, where transport takes place through events on all length scales and all time scales: stationarity implies criticality. During the experiment both the phenomenon of an avalanche formation and attaining of statistically stationary state have been investigated. The stationary state of the system is characterized by a set of critical exponents. We investigate the probability density of generating the avalanches and distributions over sizes and lifetimes.

The computer simulations confirmed analytical results of power-law distribution over avalanche sizes and lifetimes. We have shown that the nature of the large avalanches formation is the same as for small ones. We have found that variability of the initial configurations yields to formation of stationary structures inherent in fractals. To visualize the avalanche formation process the corresponding code is generated.

## **ЭКОНОМЕТРИКО-ИГРОВОЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Васильев А. А., Назаренко А. М.

В данной работе описывается способ построения динамической математической модели, основанной на принципе максимизации прибыли, описывающей эволюцию макроэкономических процессов, и предназначенной как для анализа текущих состояний, так и для прогнозирования, с помощью методов современной теории позиционных дифференциальных игр, динамики их развития. Также разработана эконометрическая процедура идентификации моделей, и построен алгоритм для гладкой аппроксимации решения задачи идентификации.

Для оценивания развития страны можно использовать статистические данные об изменении основных фондов  $p$ , материальных затрат  $q$ , и валового национального дохода  $h$ . В

соответствии с экономической теорией можно предположить, что величина  $h$  зависит от  $p$  и  $q$ , т.е. будет выражаться зависимостью  $h = H(p, q)$ , где  $H(p, q)$  некоторая функция двух переменных. Опираясь на статистические данные можно определить её неизвестные коэффициенты, например, с помощью метода наименьших квадратов (МНК).

Рассмотрим рынок, все участники которого имеют одну цель – максимизировать собственную прибыль. Это означает, что производители товаров в каждый момент времени выбирали объём производства и цены продаж, стремясь максимизировать свою прибыль  $h$ , в то время, как продавцы материальных ресурсов, стремясь также максимизировать свою прибыль, напротив своими действиями минимизировали величину  $h$ . Следовательно,  $H(p, q)$  – эмпирический закон зависимости прибыли от объёма производства и материальных расходов, и в качестве результата взаимодействия спроса и предложения может быть истолкован как результат разрешения конфликта между двумя обобщёнными игроками: производителем товаров и производителем материальных ресурсов [1].

В высказанных предположениях эволюция величин  $p(t)$  и  $q(t)$  в процессе игры – рыночного конфликта, проходила вдоль градиентной кривой [2] функции  $H(p, q)$ , т.е. функции  $p(t)$  и  $q(t)$  являются решением системы дифференциальных уравнений

$$p = u(t) \cdot \frac{\partial H(p, q)}{\partial p}, \quad q = -v(t) \cdot \frac{\partial H(p, q)}{\partial q} \quad (1)$$

при начальных условиях  $p(0) = p_0$ ,  $q(0) = q_0$ .

Смысл функций  $u(t)$  и  $v(t)$  следующий: функция  $u(t)$  показывает, насколько успешно справлялся со своей целью производитель, т. е. скорость с которой он наращивал производство и сбыт своей продукции, а  $v(t)$  характеризует аналогичные действия поставщика. Естественно, что в периоды, когда шел рост объёма реализованных товаров, функции  $u(t)$  и  $v(t)$  будут положительными, и напротив, в периоды, когда происходил спад в реализации  $u(t)$  и  $v(t)$  будут отрицательными.

Записав систему (1) в дискретній формі ми можемо виконати краткосрочний прогноз динаміки розвитку вивчаемого макроекономічного процесу.

Далі опишемо процедуру побудови функцій  $u(t)$  і  $v(t)$ . Їх слід визначати по наявним статистичним даним так, щоб при  $t = \overline{1, N}$  рішення  $p(t)$  і  $q(t)$  системи (1) приблизно задовольняли вихідним статистичним даним. Це обернена задача динаміки, т.е. задача апостеріорного оцінювання невідомих сил в динамічних системах по результатам вимірювання фазових координат в задані дискретні моменти часу.

Будемо апроксимувати істинні значення величин  $u$  і  $v$  многочленами деякої ступеня з невідомими коефіцієнтами виду

$$u = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_k t^k, \quad v = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_m t^m. \quad (2)$$

Здесь ступені  $k$  і  $m$  встановлюються експериментально, невідомі коефіцієнти оцінюються методом найменших квадратів, після чого проводиться регресійний аналіз моделей. Якість оцінювання моделі будемо визначати за допомогою коефіцієнта детермінації  $R^2$ .

Для ідентифікації функцій  $u(t)$  і  $v(t)$  запишемо систему (1) в інтегральному вигляді

$$p(t) = p_0 + \int_0^t u(t) \frac{\partial H(p(t), q(t))}{\partial p} dt, \quad q(t) = q_0 - \int_0^t v(t) \frac{\partial H(p(t), q(t))}{\partial q} dt \quad (3)$$

де  $u(t)$  і  $v(t)$  – функції виду (2). Численно взявши інтеграли в рівняннях (3), можна застосувати метод найменших квадратів для оцінювання невідомих коефіцієнтів в (2). Оптимальні значення ступенів  $k$  і  $m$  многочленів (2) знаходяться з економіетричних міркувань [3].

Описаний підхід проілюстровано на прикладі даних про динаміку розвитку економіки України.

### Література

1. Жуковский В. И., Чикрий А. А. Линейно-квадратичные дифференциальные игры. – К.: Наукова Думка, 1994. – 320 с.

2. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Наука, 1988. – 522 с.
3. Назаренко О. М. Основы эконометрики: Підручник. – Київ: „Центр навчальної літератури”, 2004. – 392 с.

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Михайленко Ю. П., Назаренко А. М.

Украина занимает важное место связующего звена между крупнейшим экспортёром нефте- и газо-продуктов – Россией и импортирующей их Европой. Поэтому научно обоснованная и качественная организация газотранспортной системы является актуальной и важной проблемой. В данной работе мы предложили одну из возможных математических моделей её организации.

В качестве выходной характеристики модели выберем производительность  $Q$ . Будем измерять ее в млн. м<sup>3</sup> в год. Среди множества объясняющих факторов остановим свой выбор на среднем диаметре  $D$  газопроводности системы (мм), общей установленной мощности  $N$  газоперекачивающих агрегатов (МкВт) и средней дальности  $L$  перекачки газа (км). Можно предположить, что  $Q$  будет выражаться некоторой зависимостью от  $D$ ,  $L$  и  $N$ , т.е.

$Q = f(D, L, N)$ , где  $f$  – некоторая функция трёх переменных, вид которой выбирается на основании опыта и интуиции исследователя.

Но было бы неправильно рассматривать только лишь это уравнение, так как в нём не учитывается взаимное влияние факторов, участвующих в модели. Чтобы учесть это, в работе предлагается использовать методы позиционных дифференциальных игр и эконометрики для создания эконометрических моделей, описывающих связанную эволюцию

рассматриваемых процессов и предназначенных для краткосрочного прогнозирования.

Для этого будем рассматривать развитие газотранспортной системы страны как игру трёх соперников. Выделенные средства государство может направить на увеличение среднего диаметра газопроводности системы, общей установленной мощности газоперекачивающих агрегатов и средней дальности перекачки газа. Предположим, что за каждое направление инвестиций отвечает одно ответственное лицо (игрок), которое заинтересовано в развитии только собственного направления капиталовложений. По смыслу их деятельности, первые два игрока будут максимизировать величину  $Q$ , а последний – минимизировать её. Таким образом, мы будем рассматривать равновесную бескоалиционную дифференциальную игру, т. е. процесс, все участники которого преследуют одну цель – максимизировать собственную прибыль, а  $f(D, L, N)$  – это фактический результат разрешения конфликта между описанными выше игроками.

В высказанных предположениях эволюция величин  $D(t)$ ,  $L(t)$  и  $N(t)$  в процессе игры – рыночного конфликта, проходила вдоль градиентной кривой функции  $f(D, L, N)$ , т.е. функции  $D(t)$ ,  $L(t)$  и  $N(t)$  являются решением системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} Q = f(D, L, N), \\ \dot{D} = u(t) \cdot \frac{\partial f(D, L, N)}{\partial D}, \\ \dot{L} = v(t) \cdot \frac{\partial f(D, L, N)}{\partial L}, \\ \dot{N} = -w(t) \cdot \frac{\partial f(D, L, N)}{\partial N}. \end{cases} \quad (1)$$

при начальных условиях  $D(0) = D_0$ ,  $L(0) = L_0$  и  $N(0) = N_0$ .

Записав систему (1) в дискретной форме мы можем выполнить краткосрочный прогноз динамики развития изучаемого процесса.

Функции  $u(t)$ ,  $v(t)$  и  $w(t)$  следует определять по имеющимся статистическим данным так, чтобы при  $t = \overline{1, N}$  решения  $D(t)$ ,  $L(t)$  и  $N(t)$  системы (1) приближённо им удовлетворяли. Будем аппроксимировать истинные значения величин  $u$ ,  $v$  и  $w$  многочленами некоторой степени с неизвестными коэффициентами вида

$$u = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_k t^k,$$

$$v = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_m t^m, \quad w = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + \dots + c_p t^p. \quad (2)$$

Здесь неизвестные коэффициенты оцениваются методом наименьших квадратов, после чего проводится регрессионный анализ моделей.

Для идентификации функций  $u(t)$ ,  $v(t)$  и  $w(t)$  система (1) записывалась в интегральном виде и методом наименьших квадратов оценивались неизвестные коэффициенты в (2). Оптимальные значения степеней  $k$ ,  $m$  и  $p$  многочленов (2) находились в ходе численного эксперимента из эконометрических соображений [1]. Получены формулы для характеристик газотранспортной системы, позволяющие описывать систему в рассматриваемый период времени, а также делать краткосрочный прогноз. Рассчитанные прогнозные значения параметров  $D$ ,  $L$ ,  $N$  и  $Q$  сравнивались с известными.

## Література

1. Назаренко О. М. Основы эконометрики: Підручник. – Київ. “Центр навчальної літератури”, 2004. – 392с.

## РОЗПІЗНАВАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В МЕДИЦИНІ

Кривенко В.Б.

При діагностуванні онкопатологій за методом біопсії помилки першого та другого роду можуть досягати відносно великих значень, тому машинне розпізнавання морфологічних зображень тканини пухлини на комп'ютеризованому



електронному мікроскопі дозволяє підвищити достовірність результату. Розглянемо постановку задачі формування бази знань, яка реалізується на етапі навчання системи діагностування (СД).

Нехай відома навчальна матриця  $\| y_{m,i}^{(j)} \|, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, n}$ , де  $N, n$  – кількість класів розпізнавання (ОР) і реалізацій образу відповідно і відомий вектор параметрів навчання

$$g = \langle g_1, \dots, g_{\xi_1}, \dots, g_{\Xi_1}, f_1, \dots, f_{\xi_2}, \dots, f_{\Xi_2} \rangle, \Xi_1 + \Xi_2 = \Xi,$$

де  $\langle g_1, \dots, g_{\xi_1}, \dots, g_{\Xi_1} \rangle$  – генотипні параметри функціонування СД, які впливають на параметри розподілу реалізацій образу;  $\langle f_1, \dots, f_{\xi_2}, \dots, f_{\Xi_2} \rangle$  – фенотипні параметри функціонування СД, які прямо впливають на геометрію контейнера класу розпізнавання. Відомі обмеження на координати вектора. Треба знайти оптимальне значення параметра навчання, що забезпечують максимум критерію функціональної ефективності (КФЕ) навчання:

$$\overline{E}^* = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \max_{G_E} E_m,$$

де  $E_m$  – КФЕ навчання СД розпізнавати реалізації класу  $X_m^o$ ,  $G_E$  – допустима область значень КФЕ.

Як критерій оптимізації використовується модифікований критерій Кульбака [1]:

$$E_m = \log_2 \frac{P_t}{P_f} * (P_t - P_f) = 0,5 \log_2 \left( \frac{D_1 + D_2}{\alpha + \beta} \right) [(D_1 + D_2) - (\alpha + \beta)],$$

де  $P_t, P_f$  – повні ймовірності правильної і неправильної класифікації,  $D_1, D_2, \alpha, \beta$  – перша та другі достовірності помилки першого та другого роду відповідно.

Алгоритм навчання за методом функціонально статистичних випробувань має вигляд [1]

$$(\forall g_{\xi_1} \in g)(\forall f_{\xi_2} \in g)(\exists g_{\xi_1} \in G_{\xi_1}) \{ \text{if } \overline{E} = \max_{G_E} E^*$$

$$\text{then } g_{\xi_1}^* = \arg \langle [\max_{G_{\xi_1}} [\dots [\max_{G_1} [\max_{F_{\xi_2}} [\dots [\max_{F_1} \overline{E}] \dots]]]] \dots]] \rangle >$$

else (if  $\xi_1 \leq \bar{\Xi}_1$  then  $\xi_1 = \xi_1 + 1$  else STOP)},  
 $\xi_1 = \overline{1, \bar{\Xi}_1}, \xi_2 = \overline{1, \bar{\Xi}_2},$

де  $\bar{E} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M E_m$  – усереднене значення КФЕ навчання СК;  $g_{\xi_1}^*$  – оптимальне значення параметра навчання, яке визначається у зовнішньому циклі ітераційної процедури оптимізації;  $G_{\xi_1}, \dots, G_1$  – області допустимих значень відповідних генотипних параметрів навчання;  $F_{\xi_2}, \dots, F_1$  – області допустимих значень відповідних фенотипних параметрів навчання.

З метою пониження багато вимірності даних застосовується ієрархічна структура алгоритму навчання.

Алгоритм реалізовувався, при розпізнаванні морфологічних зображень тканини доброякісних пухлин (фіброаденома) та злоякісних, які були отримані на кафедрі патанатомії (зав. кафедрою проф., д. мед. н. А.М. Романюк). На рис. 1 наведено результати оптимізації контейнерів класів  $X_1^0$  – фіброаденома (рис. 1а) і  $X_2^0$  – злоякісна (рис 1б)

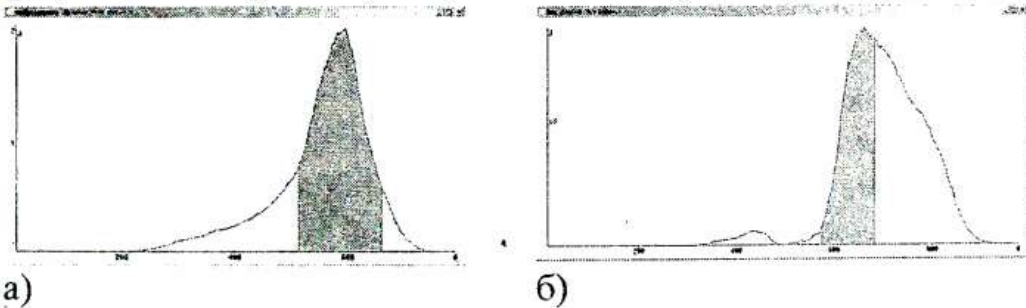


Рис. 1

Аналіз рис. 1 показує, що оптимальний радіус гіперсферичного контейнеру класу  $X_1^0$  дорівнює  $d_1^* = 646$  кодових одиниць, а для класу  $X_2^0$   $d_2^* = 578$ .

### Література

1. Краснополюсовський А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статистичних випробувань. – Суми: Видавництво СумДУ, 2004. – 261 с.

## ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ ЗА ПЕРІОД 1991-2004РР. МЕТОДАМИ ЕКОНОМЕТРИКИ

Котенко Л.П.ст. гр. ПМ-01, Назаренко О.М., доц.

Економічна теорія вивчає причинно-наслідкові відношення між явищами та процесами на якісному рівні. Проте ці явища та процеси зв'язані між собою і знаходження залежності та взаємозв'язків між ними шляхом створення математичних моделей та подальшого їх кількісного опису дозволяє глибше зрозуміти існуючі закономірності.

Для побудови математичної моделі розрахунку динаміки розвитку макроекономічних показників України за 1991-2004 роки, яка б якнайповніше відображала досліджуваний процес, у якості вихідної характеристики моделі вибрано валовий внутрішній продукт (V), виміряний у млн. грн.

У якості можливих пояснюючих факторів було обрано: обсяг промислової продукції (P), обсяг продукції сільського господарства (S), виробництво товарів народного споживання (N), капітальні вкладення (C), роздрібний товарооборот (R), експорт (E), імпорт (I).

В результаті досліджень отримано моделі розрахунку ВВП. Побудовано лінійну модель і типу Кобба-Дугласа. Лінійна модель за економічним змістом відповідає розрахунку ВВП за споживанням, а модель типу Кобба-Дугласа – методиці розрахунку ВВП за виробництвом. Моделі дають досить точний прогноз.

Враховуючи те, що економетрична модель повинна адекватно відображати фактичні дані, в роботі оптимальна регресійна модель будувалася покроковим коректуванням так, щоб в остаточній моделі були присутніми тільки значущі фактори.

Аналіз отриманих результатів, зокрема моделі типу Кобба-Дугласа, дозволяє обґрунтувати можливі ефективні напрямки економічної політики, а саме – збільшення обсягів

капітальних вкладів та сприяння розвитку сільського господарства.

## ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ НА КАРТИНУ КОАЛЕСЦЕНЦИИ

Пискун Е.И., ст. гр. ПМ-01, Харченко Д.О.

Работа посвящена рассмотрению процесса коалесценции в слабых растворах. Задача состоит в том, чтобы построить и исследовать модель, которая наиболее точно описывает процесс коалесценции в реальных условиях.

Нами была рассмотрена детерминистическая модель. Далее, в рамках синергетического подхода, рассмотрена система, которая параметризуется величинами радиусом зародыша  $R$ , диффузионным потоком  $J$  и концентрацией лимитирующего компонента  $c$ . В реальных условиях детерминистическая модель не дает точного представления о поведении системы. По этой причине мы использовали стохастический подход и учли флуктуации параметра порядка.

При анализе синергетической системы важным есть соотношение между временами релаксации. В термодинамической теории и в эксперименте для выделения фаз в сплавах и пор установлено такое соотношение:  $\tau_R \ll \tau_c, \tau_J$ . Это означает, что в задаче о коалесценции выполняется адиабатическое соподчинение.

В работе получено эффективное уравнение эволюции радиуса зародыша, построена статистическая схема описания процесса коалесценции, исследованы стационарные состояния системы. Получена фазовая диаграмма, определена область существования нетривиальных значений радиуса зародыша.

Аналитические результаты подтверждены компьютерным экспериментом.

## САМООРГАНІЗАЦІЯ НЕСТІЙКОЇ СИСТЕМИ ЗА БІФУРКАЦІЄЮ ХОПФА

Харченко Д.О., доц.; Харченко В.О. студ. гр. ПМ-11.

Подана робота присвячена дослідженню поведінки системи, що переходить до стаціонарного стану, який характеризується утворенням стійкого авто-хвильового процесу і відповідає граничному циклу. Такі переходи спостерігаються у синергетичних системах із виникненням просторово-часових структур. Підґрунтям дослідження виступає синергетична система Лоренця, яка дозволяє найпростішим чином подати ефект самоорганізації завдяки рівноправному внеску трьох основних мод, що зводяться до параметра порядку, спряженого поля та керуючого параметра. У роботі в рамках адіабатичного наближення розглянуто перехід від трьох-параметричної до дво-параметричної системи нелінійних диференціальних рівнянь. Можливість утворення стаціонарних періодичних структур для такої системи розглядається введенням збурень типу універсальної деформації складки у рівняння еволюції параметра порядку.

За використанням теореми Хопфа розглянуто умови стійкості системи та виникнення стійкого граничного циклу. Одержано відповідні біфуркаційні та фазові діаграми, що показують області існування вироджених граничних циклів. З'ясовано, що при сумірності масштабів релаксації параметра порядку та керуючого параметра множина граничних циклів існує лише на нестійкій гілці стаціонарних значень параметра порядку. Виявлено, що множина таких циклів існує лише у вузькій області параметрів, що задають деформацію складки. Обчислено залежності характерних областей від керуючого параметру, що задає вплив зовнішнього середовища. Еволюція такої системи досліджувалась методом фазової площини.

Наукове видання

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ І СТУДЕНТІВ  
МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ

Відповідальний за випуск декан ММФ, доцент  
Любчак В.О.

Відповідальний редактор доцент Шаповалов С.П.

Підп. до друку 12.04.2005.  
Наклад 80 прим.

Обл.-вид. арк. 10,03.  
Формат 60x84/16.  
Замовл. № 165.  
Ум. друк. арк. 11,57.

Вид-во СумДУ. Р.с. № 34 від 11.04.2000 р.  
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2.  
Друкарня СумДУ. 40007, м. Суми,  
вул. Р.-Корсакова, 2.