

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

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ І СТУДЕНТІВ  
МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ  
(14-29 квітня)**

**ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

Суми 2004

## СЕКЦИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Председатель: доц. Каринцев И.Б.

Секретарь: ст.преп. Бард Л.В.

20 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. 110М

1. Определение напряженно-деформированного состояния комбинированного баллона высокого давления

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

2. Исследование условий прочности и жесткости двухопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами

Докл. — уч-ся 11 кл. Федорченко Т.Г., Зябко Я.А., школа №6

Рук. — проф. Каринцев И.Б.

3. Выбор оптимального расположения опор в балке, нагруженной равномерно-распределенной нагрузкой

Докл. — студ. Петрикова И.Л., гр.ДМ-21

Рук. — проф. Каринцев И.Б.

4. Исследование деформации прямого бруса при изгибе

Докл. — студ. Лейких Д.В., гр.ДМ-21

Рук. — проф. Каринцев И.Б.

5. Исследование деформаций консольной балки при косом изгибе

Докл. — студ. Шелегеда А.П., гр.ДМ-21

Рук. — зав. лабораторией Попова А.И.

6. Исследование распределения напряжений при внецентренном растяжении

Докл. — студ. Лейба В.М., студ. Шкумат В.В., гр.ДМ-21

Рук. — зав. лабораторией Попова А.И.



7. О подборе балок перекрытий

Докл. — студ. Астахова Е.И., гр.32-ОК

Рук. — доц. Катаржнов С.И.

8. О принципах расчета элементов конструкций с учетом пластических деформаций

Докл. — студ. Кузнецова В.С., гр.И-22

Рук. — доц. Катаржнов С.И.

## СЕКЦИЯ ДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ

Председатель: проф. Марцинковский В.А.

Секретарь: доц. Савченко Е.Н.

20 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. Г-1007

21 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. Т-104

1. Исследование динамики упруго опертой стенки плоского дросселирующего канала

Докл. — студ. Гетьманский Н.С., гр. ДМ-01

Рук. — проф. Марцинковский В.А.

2. Теоретическое и экспериментальное исследование течения вязкой жидкости в конической трубе

Докл. — Пересада И.А., гр. ДМ-01

Рук. — проф. Марцинковский В.А.

3. Модель течения вязкой жидкости

Докл. — доц. Калиниченко П.М.

4. Численное решение уравнений движения вязкой жидкости

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

Рук. — доц. Калиниченко П.М.

5. Решение осесимметричной задачи гидроупругости деформируемых щелевых уплотнений

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

Рук. — асс. Тарасевич Ю.Я.

6. Расчет динамических характеристик ротора центробежного насоса методом конечных элементов

Докл. — студ. Олейник Т.П., гр. ДМ-91

Рук. — доц. Загорулько А.В.

7. Расчет собственных частот роторов в щелевых уплотнениях при случайных изменениях параметров  
Докл. — асс. Тарасевич Ю.Я.
8. Аналитический и численный расчет динамических характеристик систем осевого уравновешивания роторов центробежных насосов  
Докл. — студ. Гуменюк А.Н., гр. ДМ - 01  
Рук. — доц. Чурилова В.Е.
9. Динамический анализ торцовых уплотнений  
Докл. — асс. Зуева Н.В.
10. Расчёт напряжённно-деформированного состояния колец торцового уплотнения  
Докл. — студ. Деркач О.А., гр. ДМ-01  
Рук. — асс. Зуева Н.В.
11. Исследование динамики новой конструкции бесконтактного торцового уплотнения  
Докл. — студ. Куликов В.А., гр. ДМ-91  
Рук. — проф. Симоновский В.И.
12. Экспериментальные исследования конструкций затворных импульсных торцовых уплотнений  
Докл. — студ. Гура В.Г., гр. ДМ-91; Коржиневский Е.В., гр. ДМ-01  
Рук. — доц. Загорулько А.В., асп. Харин М.Ю.
13. Автоколебания ротора, вращающегося в подшипниках скольжения  
Докл. — студ. Рыбалко А.Н., гр. ДМ-01  
Рук. — доц. Кафтарян Л.С.
14. Анализ механизма смешанной смазки и разработка обобщенной методики расчета сальниковых уплотнений  
Докл. — студ. Ушкалов Н.В., ДМ-91  
Рук. — доц. Загорулько А.В.

15. Анализ способов повышения герметичности и надежности торцовых сальниковых уплотнений

Докл. — студ. Гудков С.Н., Гнатенко С.С., гр. ДМ-01

Рук. — доц. Загорулько А.В.

16. Применение программного комплекса ANSYS 7.0 для анализа напряженно-деформированного состояния анизотропных пластин с заданными несовершенствами

Докл. — асп. Жигилий Д.А.

Рук. — доц. Хворост В.А.

17. Оценка фактического технического состояния скважинного оборудования

Докл. — асп. Черевко А.А.

Рук. — доц. Нагорный В.М.

18. Система диагностирования насосного оборудования на перекачивающих станциях магистральных нефтепроводов

Докл. — студ. Кравчук Я.В., Остапенко М.А., гр. ДМ-91

Рук. — доц. Савченко Е.Н.

19. Прогнозирование ресурса роторных машин по результатам измерения их вибраций

Докл. — студ. Сидоренко И.Ю., гр. ДМ-91

Рук. — доц. Нагорный В.М.

20. Моделирование и 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.

21. О мерах механического движения твердого тела

Докл. — доц. Калиниченко П.М.



22. Методика расчетов напряженно-деформированного состояния отдельных типов конструкций по программе ANSYS  
Докл. — Шкурат Я.В., уч. 11 кл., шк. № 3, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
23. Расчет и исследование нормальных и касательных напряжений по длине балки при деформации поперечного изгиба  
Докл. — Рогалинский Р.С., уч. 11 кл., шк. № 25, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
24. Численный расчет и численный расчет и анализ напряженно-деформированного состояния арки при различных способах ее нагружения  
Докл. — Алтынцев Е.И., уч. 11 кл., шк. № 6, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
25. Исследование и анализ напряженно-деформированного состояния кронштейна подвески заслонок при различных вариантах их нагружения  
Докл. — Крючко Е.В., уч. 11 кл., шк. №25, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
26. Численный расчет и анализ напряженно-деформированного состояния колец торцового уплотнения компрессора  
Докл. — Королева Ю.В., уч. 11 кл., шк. №6, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
27. Численный расчет и анализ напряженно-деформированного состояния колец торцового уплотнения центробежного насоса  
Докл. — Федченко Е.В., уч. 11 кл., шк. №6, ГЦНТТМ  
Рук. — доц. Загорулько А.В.
28. Определение допустимой нагрузки сварных стыковых соединений  
Докл. — Скорик А., уч. 10 кл., шк. № 6, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.

герметизации машин и оборудования становятся все более актуальными. Особенно сложны и ответственны задачи уплотнения 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 последнее время все большее применение находят бесконтактные торцовые газодинамические уплотнения, обладающие существенными преимуществами перед контактными уплотнениями.

Еще одним из перспективных направлений является внедрение затворных импульсных торцовых уплотнений, к преимуществам которых можно отнести относительно низкую себестоимость и простоту в эксплуатации. Благодаря коаксиальному расположению ступеней упрощается конструкция узла и уменьшаются его габариты при сохранении повышенной надежности и герметичности, характерных для саморегулируемых импульсных уплотнений.

В докладе описана экспериментальная установка, позволяющая испытывать уплотнение в широком диапазоне рабочих параметров: при различных значениях давлений уплотняемой и затворной сред, частоты вращения вала и коэффициента нагрузки. Основной целью эксперимента является проверка основных теоретических положений и выбор оптимальной конструкции уплотнения. Представлены результаты исследований трех вариантов затворного импульсного уплотнения с коаксиальным расположением ступеней: с внутренними дросселями, с дискретным и непрерывным подводом запирающей среды.

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

Рыбалко А.Н.

Возбудителем автоколебаний ротора может являться подшипник. Если подшипники скользят, то в большинстве случаев, благодаря

36. Определение допустимой нагрузки элемента деревянного бруса Т-образной формы при деформации сдвига  
Докл. — Мужичкий С., уч. 10 кл., шк. №10, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
37. Испытание стального образца на осевое растяжение  
Докл. — Гордиенко Ю., уч. 10 кл., шк. № 25, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
38. Определение характера сжатия образцов оптически методами  
Докл. — Хижняк Т., уч. 10 кл., шк. № 25, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
39. Подбор сечения балки при ее изгибе  
Докл. — Коварцов С., Галицкий Н., уч. 11 кл., г. Белополье, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
40. Аналитическое определение усилий в элементах фермы  
Докл. — Качан С., уч. 9 кл., г. Белополье, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
41. Определение опорных реакций и усилий в стержнях ферм и главных центральных осей плоских фигур  
Докл. — Кривошеев С., уч. 9 кл., г. Белополье, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
42. Расчет и анализ характеристик напряженно-деформированного состояния пространственного ломаного бруса  
Докл. — Томко А., уч. 10 кл., шк. №6, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.
43. Применение методов обучения с учетом типа темперамента ученика  
Докл. — Тертышный И., уч. 10 кл., шк. № 25, ГЦНТТМ  
Рук. — Смирнов В.А.

44. Анализ влияния природно-климатических факторов на успеваемость учеников в 2002-03 уч. году

Докл. — Двигало О., Журенко Ю., Губская М., уч. 9 кл., шк. № 17, ГЦНТТМ

Рук. — Мирошниченко Н.Н., Смирнов В.А.

45. Влияние природно-климатических факторов на посещаемость и успеваемость учеников 7-го класса

Докл. — Ратушный А., уч. 10 кл., шк. №6, ГЦНТТМ

Рук. — Смирнов В.А.



## СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКИ

Председатель: доц. Чекалов А.П.

Секретарь: ведущий специалист Дедкова Л.Л.

22 апреля 2004 года

Начало в 10.00, ауд. Ц-241

1. Компьютерное моделирование динамики толкателей для листовых прокатных станов  
Докл. — студ. Бояринова Е.М.
2. Разработка тренажера в среде Delphi по курсу “Программирование” для контроля знаний студентов дистанционной формы обучения  
Докл. — студ. Нестеров О.А.  
Рук. — доц. Тыркусова Н.В.
3. Поиск оптимального управления химическим реактором методом динамического программирования  
Докл. — студ. Максименко О.В.
4. Решение интегральных уравнений с помощью кубических сплайнов  
Докл. — студ. Ковалева Е.А.
5. Анализ методов защиты информации и разработка программного обеспечения для компьютерных сетей  
Докл. — студ. Прохоров И.В.
6. Порогові протоколи розподілу секрету  
Докл. — студ. Дунь О.В.
7. Потенциал использования Internet-стратегии CRM  
Докл. — Остривная Л.Г.

8. Проектирование локальной компьютерной сети учебного корпуса, как модуля корпоративной сети СумГУ

Докл. — студ. Ногтев В.Ю.

9. Проектирование и реализация приложений баз данных на основе концепции MDA

Докл. — студ. Овдиенко Я.А.

10. Разработка объектно-реляционного преобразователя для языка программирования Perl

Докл. — студ. Зубань С.А.

11. Компьютерное моделирование гирокомпаса 1Г40

Докл. — студ. Мартыненко С.С.

12. Разработка приложений для платформы PALM OS по обслуживанию базы данных торгового агента

Докл. — студ. Авдеев Д.А.

13. Исследование возможности CASE-средств для сопровождения программных продуктов на базе 1С

Доповідач — студ. Гавриленко А.В.

14. Оптимізація контейнерів класів розпізнавання в радіальному базисі

Допов. — студ. Кривенко В.Б.

15. Ієрархічний алгоритм розпізнавання зображень за методом функціонально-статистичних випробувань

Допов. — студ. Козинець А.В.

16. Анализ алгоритма “Проталкивание предпотока”

Докл. — студ. Слабко М.А.

Рук. — доц. Маслова З.И.

17. Классический алгоритм Форда - Фалкерсона

Докл. — студ. Головки В.В.

Рук. — доц. Маслова З.И.

## СЕКЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Председатель: доц. Карпуша В.Д.

Секретарь: ст.преп. Базыль Е.А.

21 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. Ц-344

1. Еволюція стохастичної системи в рамках нелінійної кінетики  
Допов. — студ. Харченко В.О., ПМ-11  
Керівник — доц. Харченко Д.О.
2. Використання комп'ютерних технологій в управлінні інвестиціями  
Допов. — студ. Костюченко О.В., гр.М-21; Коваль Р.О., гр.М-22  
Керівник — ст. викл. Стеценко Л.О.
3. Phase transitions induced by noise cross-correlations  
Lecturer — Княз' І.А.  
Supervisors — doctor Olemskoi A.I., doctor Kharchenko D.O.
4. Сравнительная характеристика развития внешнеэкономической деятельности (ВЭД) стран с переходной экономикой  
Докл. — студ. Хайлук С.А., гр. ПМ-91  
Рук. — доц. Назаренко А.М.
5. Презентація підручника "Робота в середовищі Microsoft Word"  
Допов. — студ. Гвоздецька А.А., гр. ЕФ-32  
Керівник — ст. викл. Стеценко Л.О.
6. Реалізація вирішення фізичних задач з розділу механіка на мові С  
Допов. — студ. Петренко М.О., гр. СУ-31  
Керівник — ст. викл. Базиль О.О.

7. Комплексное исследование процессов происходящих при ионной имплантации с целью получения нужных параметров обработки  
Докл. — студ. Пятаченко В., гр. ПМ-91  
Рук. — ст. преп. Базыль Е.А.
8. О корректности решения обратной задачи в спектроэллипсометрических исследованиях  
Докл. — асп. Швец У.С.  
Рук. — доц. Карпуша В.Д.
9. Система електронних платежів webmoney  
Допов. — студ. Дем'яненко А.В., Забарний В.Ю., Мірошніченко С.Н.  
Керівник — ст. викл. Андреєнко В.І.
10. Многослойная модель аморфных металлических сплавов в оптических исследованиях  
Докл. — асп. Топоривская Я.С.  
Рук. — доц. Карпуша В.Д.
11. Взаимодействие  $p$ - и  $sv$  - волн с периодической системой цилиндрических включений в пространстве  
Докл. — студ. Ложкин А.М., гр. ПМ-01  
Рук. — доц. Назаренко А.М.
12. Применение эконометрических методов для анализа успеваемости студентов экономического факультета СумГУ  
Докл. — студ. Ульяник В., Слющенков А., Станкевич С., гр. ЕФ-25  
Рук. — доц. Литвиненко О.А.
13. Исследование распределения выделения новой фазы в стохастической системе  
Докл. — студ. Прощайло Т.Г., гр. ПМ-91  
Рук. — доц. Харченко Д.О., доц. Лопаткин Р. Ю.



## СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Председатель: доц. Ячменёв В.А.

Секретарь: ст. преп. Клименко В.А.

23 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. Г-906

1. Динамический бильярд в однородном гравитационном поле  
Докл. — доц. Ячменёв В.А.
2. Особенности дистанционного курса “математический анализ”  
Докл. — доц. Белоус Е.А., Маслов А.П., Гончарова-Хижняк Е.Н.
3. Искусственный интеллект как философская проблема  
Докл. — асс. Швырков А.И.
4. Кососимметричная задача теории упругости для слоя, ослабленного отверстием  
Докл. — асп. Ложечник С.Л.
5. Распределение нестационарного поля температур в кусочно-однородной среде с дефектами типа трещин при облучении высококонцентрированными потоками энергии  
Докл. — ст. преп. Клименко В.А.
6. Динамическая модель роторной системы  
Докл. — ст. преп. Беда И.Н.
7. Определение толщины теплопроводящей стенки при помощи решения геометрической обратной задачи  
Докл. — студ. Лысенко О.А.
8. Решение обратной задачи линейной теплопроводности  
Докл. — студ. Машурова Е. А.  
Рук. — доц. Ячменёв В.А.

## СЕКЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

Председатель: проф. Фильштинский Л.А.

Секретарь: ст. преп. Сушко Т.С.

27 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. Г-805

1. Основные направления НИР кафедры прикладной математики и механики

Докл. — проф. Фильштинский Л.А.

2. Обзор исследований в области пространственных задач теории упругости

Докл. — доц. Ковалев Ю.Д.

3. Дифракция сдвиговой волны на отверстиях в составном пьезокерамическом пространстве

Докл. — ст. преп. Сушко Т.С.

4. Проблема осреднения периодических пьезокерамических и ферромагнитных структур

Докл. — ст. преп. Шрамко Ю.В.

5. Однородные и фундаментальные решения электроупругости для пьезокерамического слоя

Докл. — ст. преп. Шрамко Л.В.

6. Связанная задача термоупругости для слоя в  $R^3$

Докл. — асп. Сиренко Ю.В.

Рук. — проф. Фильштинский Л.А.

7. Концентрация термоупругих напряжений в пластине с отверстием  
Докл. — асп. Литвиненко Н.В.  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
8. Волновые тепловые и механические поля в слое при сосредоточенных гармонических и импульсных возбуждениях  
Докл. — асп. Бондарь А.В.  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
9. Возбуждение слоя сосредоточенными источниками при смешанных граничных условиях типа Б  
Докл. — асп. Молдаванова Н.А.  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
10. Воздействие теплового импульса на волновые поля в слое с полостью  
Докл. — студ. Киричек Т.А., гр. ПМ-91  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
11. Применение метода фундаментальных решений в стационарных динамических задачах теории упругости для слоя  
Докл. — студ. Кушнир Д.В., Немешев М.Х., Чаплыгин А.А., гр. ПМ-91  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
12. Воздействие теплового импульса на тепловые поля в слое с полостью  
Докл. — студ. Киричек Т.А., гр. ПМ-91  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
13. Плоская задача связанной термоупругости для пластинки с отверстием  
Докл. — студ. Силич К.В., гр. ПМ-91  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.



14. Математическое моделирование тепловых волн в анизотропном слое  
Докл. — студ. Чеканов А.А., гр. ПМ-91  
Рук. — проф. Фильштинский Л.А.
15. Математическое моделирование процесса нестационарной теплопроводности в прямоугольной пластинке  
Докл. — студ. Зубко Е.А., гр. ПМ-91  
Рук. — доц. Ковалев Ю.Д.
16. Математическое моделирование процесса нестационарной теплопроводности в бесконечном круговом цилиндре  
Докл. — студ. Павловская Н.Н., гр. ПМ-91  
Рук. — доц. Ковалев Ю.Д.
17. Обзор методов и алгоритмов решения комплексных трансцендентных уравнений  
Докл. — студ. Маковейчук В.В., гр. ПМ-91



## СЕКЦИЯ ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Председатель: проф. Денисов С.И.

Секретарь: асп. Витренко А.Н.

20 апреля 2004 года

Начало в 15.00, ауд. ЭТ-310

1. Розрахунок ансамблю власних дефектів у кристалах  $CdTe$  методом квазіхімічних реакцій для випадку часткової рівноваги  
Допов. — студ. Косяк В.В.  
Керівник — доц. Опанасюк А.С.
2. Врахування просторової неоднорідності напівпровідника при визначенні параметрів локалізованих станів  
Допов. — студ. Колесник М.М.  
Керівник — доц. Опанасюк А.С.
3. Інжекційна спектроскопія локалізованих станів в умовах просторової негомогенності зразків  
Допов. — студ. Шевченко М.  
Керівник — доц. Опанасюк А.С., доц. Тиркусова Н.В.
4. Среднеполевая теория магнитной релаксации в двухмерных ансамблях наночастиц: наличие внешнего поля  
Докл. — асп. Лютый Т.В.
5. Численное изучение детерминистического транспорта ионной цепочки  
Докл. — асп. Денисова Е.С.
6. Аномальная диффузия, контролируемая интенсивностью мультипликативного белого шума  
Докл. — асп. Витренко А.Н.

7. Применение векторов для решения задач электродинамики в курсе общей физики

Докл. — доц. Брацыхин В.М., доц. Брацыхина Л.И.

8. Преобразование векторов как метод решения задач по механике в курсе общей физики

Докл. — доц. Брацыхин В.М., доц. Брацыхина Л.И.

9. Про можливість поширення механізму сенсibiliзації до рентгеновського випромінювання на інші сполуки

Доповідач — асс. Шовкопляс О.А., доц. Лопаткін Ю.М.

го движения следует положить “живую силу”. Взгляды Декарта и Лейбница разделили ученых того времени на две группы, спор между которыми безрезультатно длился много лет. Механика Ньютона, давшая практический инструмент решения задач механики постепенно превозобладала, отодвинув взгляды Лейбница на второй план. Благодаря Ньютону механика сформировалась, а спор, не нашедший разрешения, так и остался.

Проведенные автором исследования динамики плоскопараллельного движения твердого тела, указывают на имеющиеся расхождения механики Ньютона и опыта. Анализ этого несоответствия привел к бывшему спору о мерах механического движения.

В работе представлены результаты исследования динамики плоскопараллельного движения твердого тела. Раскрыта причина полученного рассогласования. Приводится взгляд на решение вопроса о мерах механического движения тела, согласно которому в основе механики должна лежать не столько мера механического движения, а закон сохранения принятой меры движения. Дается доказательство теоремы, выражающей закон сохранения механического движения твердого тела.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРОГРАММЕ ANSYS**

Шкурат Я.В.

Комплексная задача расчетов включала вычисление деформированно-напряженного состояния отдельных конструкций при различных способах их нагружения по программе ANSYS.

При работе с программой ANSYS необходимо: предварительно выбрать методику разбиения, задать точки внутренних воздействий, задать константы, характеристики материала, как для плоской задачи так и для трехмерной, с учетом точности сходимости процесса.

Расчет включал:

- построение графиков в ANSYS;

- вывод результатов в таблице, с помощью эпюр;
- определение наиболее опасных зон;
- вывод на печать результатов расчета стержня или балки.

Даны рекомендации по работе с отдельными подпрограммами расчетов в ANSYS.

## **РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ И КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ДЛИНЕ БАЛКИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА**

Рогалинский Р.С.

Проведен численный расчет нормальных и касательных напряжений балки прямоугольного сечения на двух опорах при различных способах её нагружения в программе ANSYS.

При проведении численного расчета была выбрана сетка разбиения с тремя произвольными вариантами её нагружения внешними силами. Построены эпюры нормальных и касательных напряжений плоского сечения на предельных участках поперечных сил. Определены деформации контура прямоугольного сечения. Результаты расчетов выведены на печать как в графическом так и табличном виде.

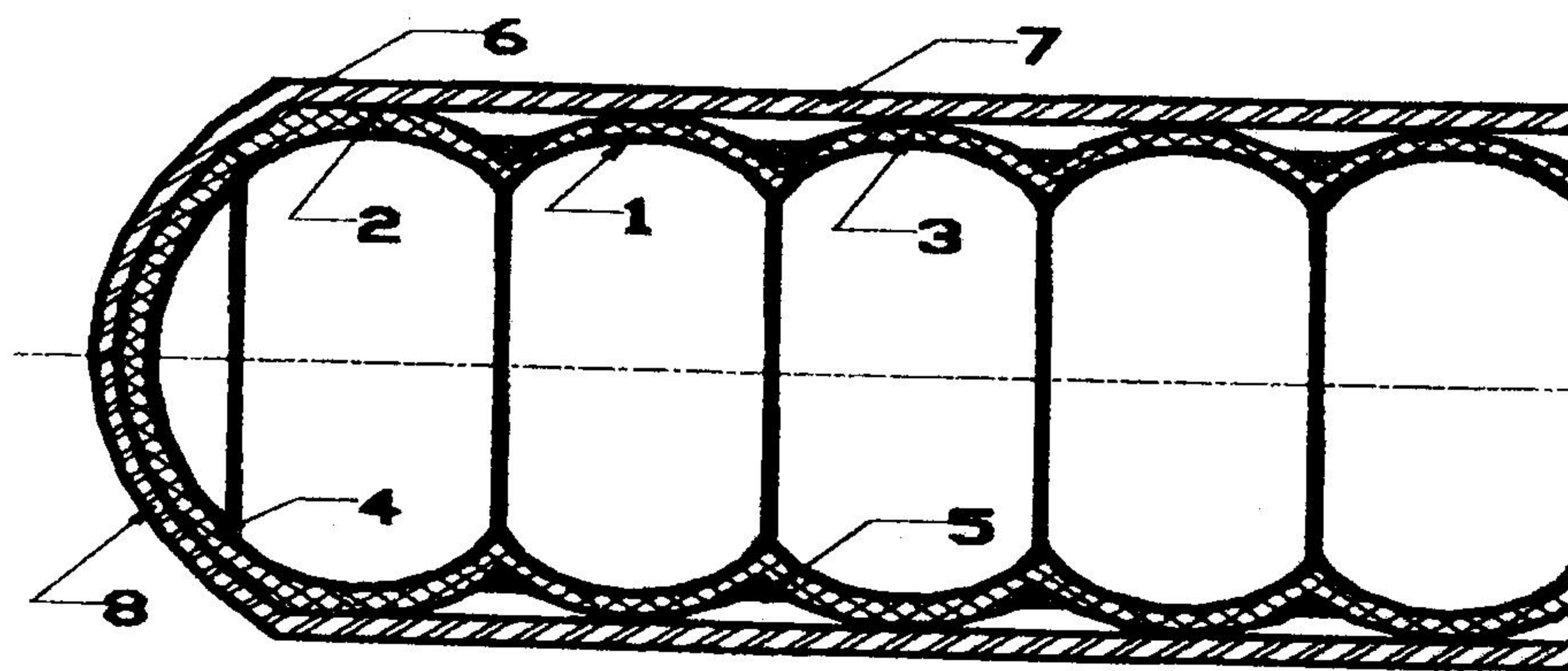
Проведен расчет задачи при исходных данных используемых в аналитическом расчете тестовой задачи. Выполнен анализ результатов расчета в программе ANSYS и тестовой. Даны рекомендации по выполнению расчетов в программе ANSYS.



тационные показатели и надежность.

Анализ результатов расчета НДС рассматриваемой конструкции комбинированного баллона давления заявляемой конструкции показывает, что величину окружных и продольных напряжений можно заметно уменьшить путем замены цилиндрической части баллона набором тороидальных сегментов. Как известно, при действии внутреннего давления в цилиндрических оболочках возникают растягивающие напряжения, максимальные из которых направлены в окружном направлении. В случае безмоментного состояния величина окружных напряжений в два раза больше продольных. Кроме того, путем варьирования углов армирования отдельных слоев составной тороидальной оболочки удастся достичь выполнения условий равнопрочной работы материала рассматриваемой конструкции. Жесткость составной тороидальной оболочки в радиальном направлении обеспечивается устройством усиливающих шпангоутов из углепластика в местах стыка сегментов. Указанные шпангоуты практически исключают появление нормальных перемещений вдоль экватора отдельных тороидальных сегментов. Деформативность несущей стеклопластиковой оболочки в продольном направлении устраняется жесткой вдоль оси баллона стальной защитной оболочкой.

На рисунке изображено сечение комбинированного баллона в продольном направлении.



Комбинированный баллон давления содержит внутреннюю полиэтиленовую оболочку 1, несущую стеклопластиковую оболочку 2, цилиндрическая часть которой выполнена в виде набора тороидальных сегментов 3. В торцевых участках несущей стеклопластиковой оболоч-



ки 2 расположены формирующие детали сферических днищ 4. Торoidalные сегменты 3 усилены в местах их стыка шпангоутами 5, выполненными из углепластика. Кроме того, несущая стеклопластиковая оболочка 2 защищена с внутренней стороны полиэтиленовой оболочкой 1, а с наружной — стальной обшивкой 6, которая состоит из круговой цилиндрической оболочки 7 и сферических днищ 8, контактирующих со сферическими днищами 4 несущей стеклопластиковой оболочки 2.

Расчёт НДС проводился на базе программного комплекса ANSYS 7.0. Конечно элементная модель включает порядка 4000 8-ми узловых элементов PLANE82, что позволяет получить более точные результаты для смешанных четырёхугольно-треугольных автоматических разбивок и позволяет смягчить нерегулярность разбивки без потери точности. При этом 8-ми узловой элемент имеет хорошо совместимые картины перемещения и, следовательно, подходит для криволинейных границ. Для моделирования анизотропии физико-механических характеристик материала баллона были введены дополнительные системы координат ортотропных элементов.

Как показали проведенные расчеты, рассматриваемая конструкция комбинированного баллона давления позволяет заметно уменьшить величину окружных и продольных напряжений, достичь выполнения условий равнопрочной работы материала рассматриваемой конструкции, что значительно повышает ее работоспособность и эксплуатационные показатели.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ, НАГРУЖЕННОЙ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СИЛАМИ**

Федорченко Т.Г., Зябка Я.А.

Для элементов конструкций и деталей машин важное значение имеет не только прочность, но и жесткость. Значительные прогибы валов приводят к нарушению зацепления в зубчатой передаче, недопустимым перекосам колец подшипников, что способствует преждевременному изнашиванию зубьев и быстрому выходу из строя подшипников. Если бал-



ка под нагрузкой сильно прогибается, то могут возникнуть ее колебания с большими амплитудами и, как следствие, большие дополнительные напряжения.

Для решения поставленной задачи использовался метод начальных параметров, который приводит к универсальному уравнению упругой линии. Для определения геометрических начальных параметров использовались граничные условия. Из сравнения двух прогибов найдено рациональное расположение шарнирно-подвижной опоры.

Для проверки теоретического решения было проведено экспериментальное исследование деформации балки. Прогибы определялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Расхождение между теоретическими и экспериментальными результатами составило 2,6%.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОР В БАЛКЕ, НАГРУЖЕННОЙ РАВНОМЕРНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Петрикова И.Л.

В инженерной практике часто возникает необходимость определения прогибов в различных точках, расположенных на оси балки. Связано это с тем, что в балках, испытывающих изгибные нагрузки, расчет на жесткость является не менее важным, чем расчет на прочность. В связи с этим особую актуальность приобретает выбор оптимального расположения опор.

В настоящей работе из условий прочности и жесткости выбиралось оптимальное расположение опор в балке, нагруженной равномерно-распределенной нагрузкой. Показано, что эти условия выполняются при различных расположениях опор.

Определение прогибов было получено с использованием универсального уравнения упругой линии. Из сравнения двух прогибов (в центре и на конце балки) найдено рациональное расположение двух опор, расположенных симметрично относительно центра балки.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯМОГО БРУСА ПРИ ИЗГИБЕ

Лейких Д.В.

Проведено исследование деформаций двухопорной балки под действием сосредоточенной силы, перемещающейся от середины пролета до опоры. Показано, что максимальный прогиб в этом случае изменяет свою абсциссу всего лишь в пределах от  $0,5l$  до  $0,577l$ . Численные значения между этими двумя прогибами крайне не значительны, что позволяет в практических расчетах вычислять только величину прогиба по середине пролета и не отыскивать места и величину наибольшего прогиба.

Результаты теоретического расчета были проверены на специальной установке, представляющей собой двухопорную балку с гиревым подвесом, который может перемещаться по длине исследуемой балки. Прогибы определялись двумя индикаторами часового типа с ценой деления  $0,01$  мм. Один индикатор, закрепленный в зажимном устройстве индикаторной стойки, измерял прогиб в середине пролета, а второй — перемещался вместе с гиревым подвесом и измерял прогиб в месте приложения сосредоточенной нагрузки.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

Шелегеда А.П.

Косой изгиб, как известно, наблюдается в том случае, когда плоскость действия изгибающего момента, возникающего в поперечном сечении балки, не совпадает ни с одной из его главных плоскостей. При этом изгибающий момент можно разложить на два изгибающих момента относительно главных осей инерции. На основании принципа независимости действия сил прогиб при косом изгибе определяется как геометрическая сумма двух прогибов.

Как теоретическое, так и экспериментальное исследования проводились на консольной балке  $l = 450$  мм прямоугольного поперечного



сечения  $b \times h = 4,6 \times 15$  мм. Для определения перемещения в вертикальном и горизонтальном направлениях использовался окуляр с меткой на линзе и два микрометра, один из которых установлен в горизонтальном, другой - в вертикальном направлениях. Метка на линзе окуляра и метка на торце бруса совмещаются при помощи микрометра в той точке, в которой определяется перемещение. После приложения нагрузки метки смещаются относительно друг друга. При помощи микрометров снова добиваются того, чтобы метки на торце бруса и в окуляре совпадали. Разница в показаниях микрометров до и после приложения силы дает величину горизонтального и вертикального перемещений.

Полученные теоретические и экспериментальные перемещения сравнивались и вычислялась погрешность измерений, которая не превосходила 3%.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ

Лейба В.М., Шкумат В.В.

Особым практически важным случаем является стержень, на который действует внецентренно приложенная продольная нагрузка. Связано это с тем, что даже небольшое смещение (эксцентриситет) продольной силы приводит к появлению дополнительного изгибающего момента. Таким образом, при внецентренном растяжении (или сжатии) происходит сложение растягивающих и изгибных нормальных напряжений, которые могут превышать допустимые.

В настоящей работе был рассмотрен стержень с поперечным сечением  $5 \times 55,6$  мм, к которому прилагались поочередно две нагрузки: центральная и внецентренная с эксцентриситетом  $\epsilon = 17$  мм. Напряжения по ширине стержня регистрировались с помощью тензодатчиков, которые наклеивались следующим образом - один в центре, а два других по краям. Это давало возможность по трем точкам строить эпюры распределения нормальных напряжений для двух случаев нагружения. В качестве нагружающего устройства использовалась универсальная испытательная машина ГМС-50. Перед началом испытаний определялась ве-



личина максимальной нагрузки на стержень, при которой напряжения не превосходили предела пропорциональности.

Экспериментальные значения сравнивались с теоретическими. Погрешность эксперимента не превосходила 3%.

## О ПОДБОРЕ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ

Астахова Е.И.

Предлагается способ рационального подбора балок стандартного профиля межэтажных перекрытий зданий по количеству и весу.

Подбор производится в следующей последовательности:

- по заданному коэффициенту запаса прочности определяется допускаемое напряжение для материала балок;
- из условия достижения в сечениях балки допустимых значений напряжений определяется допустимая распределенная нагрузка на балку ( $q$ ) с конкретным профилем сечения;
- определяется суммарная погонная нагрузка на балку  $q$  с учетом веса перекрытия и собственного веса балки;
- из условия  $q \leq [q]$  определяется минимально необходимое число балок заданного профиля на перекрытие.

## О ПРИНЦИПАХ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Кузнецова В.С.

В сообщении рассматриваются некоторые особенности расчетов на прочность с учетом пластических деформаций и схематизации диаграмм растяжения.

Рассмотрены конкретные примеры определения усилий и перемещений в статически неопределимых стержневых системах с учетом пластических деформаций. Определяются также остаточные напряжения, возникающие после разгрузки системы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УПРУГО ОПЕРТОЙ СТЕНКИ ПЛОСКОГО ДРОССЕЛИРУЮЩЕГО КАНАЛА

Гетьманский Н.С.

Благодаря простоте конструкции и низкой стоимости щелевые уплотнения до сих пор остаются распространенным типом уплотнений проточных частей гидромашин. Основной особенностью этих уплотнений является их существенное влияние на динамические характеристики роторов быстроходных машин: возникающие в щелевых уплотнениях гидродинамические силы в зависимости от конструкции и условий работы могут либо снижать вибрации ротора, либо вызывать потерю его динамической устойчивости.

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 плоском 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 проведен анализ динамической устойчивости упруго закрепленной стенки канала под действием гидродинамических сил. Найдены условия, при которых в диффузорном и конфузорном каналах возможны явления дивергенции и флаттера верхней стенки.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОНИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

Пересада И.А.

В настоящее время роторные машины широко используются во всех отраслях промышленности. Поэтому для них характерна устойчивая тенденция к повышению рабочих параметров. В процессе создания центробежных насосов и компрессоров, в которых перекачиваемая жидкая или газообразная среда находится под большим давлением, одной из первостепенных задач является ограничение или полное устранение перетечек через неизбежные зазоры между вращающимся валом и неподвижным корпусом. Качество уплотнений оказывает существенное влияние на чистоту окружающей среды, а в некоторых отраслях - на безопасность жизнедеятельности людей. Щелевые уплотнения являются наиболее простыми и надежными, а также не требующими больших материальных затрат. Уплотняющий эффект дросселирующих каналов заключается в ограничении перетоков, а не в полном их устранении.

В работе проанализировано течение в цилиндрических и плоских каналах с малой конусностью. Получено уравнение баланса движущего жидкость 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 параболоид вращения. Получена формула для расхода через цилиндрический канал, выражающая закон Хагена-Пуазейля. Показано, что на ламинарных режимах течения перепад давления пропорционален расходу, а на турбулентных квадрату расхода. В работе приведено уравнение расчетных и экспериментальных значений коэффициента сопротивления трения для ламинарного и турбулентного течений в трубе, которые хорошо согласуются между собой. Также рассмотрено последовательное и параллельное соединение каналов.

Проанализировано влияние конусности на основные параметры по-



тока. Приведена схема экспериментальной установки и результаты измерений давления по длине и скорости в поперечном сечении канала. Особенностью графиков давления является их выпуклая форма в конфузорном канале и вогнутая - в диффузорном. Рассмотрен также начальный участок канала, на котором происходит формирование параболического профиля скорости.

## МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Калиниченко П.М.

В основе уравнений движения вязкой жидкости лежит гипотеза Ньютона о силе внутреннего трения в вязкой жидкости. Согласно гипотезе течение жидкости представляется в виде относительного смещения смежных слоев. В результате чего происходит трение между слоями, сопровождающееся диссипацией энергии. Проведенные опытные исследования по определению профиля скорости, показывают на значительные расхождения принятой модели как для ламинарного так и турбулентного течения жидкости. Учитывая это и считая, что уравнения Рейнольдса для турбулентного течения жидкости незамкнуты и получить общую зависимость для их замыкания пока не удастся, предложена новая модель течения жидкости.

Суть предложенной модели в том, что течение жидкости представляется не как результат смещения смежных слоев (гипотеза Ньютона), а как результат деформации частиц (объемов) жидкости. Деформация частицы сопровождается диссипацией энергии. Исследования такой модели течения жидкости велись на протяжении порядка шести лет и неоднократно выносились на обсуждение. Результаты исследований последнего периода и составляют содержание данного доклада. В докладе представлен вывод уравнений движения жидкости, соответствующих предложенной модели течения, и результаты опытных исследований по определению коэффициента диссипации энергии деформационного движения жидкой частицы



## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Кочерга С.С., Прихожай Е.В.

При изучении течения вязкой жидкости важно выяснить, может ли существовать ее безвихревое движение, а следовательно, и потенциал скорости. Для решения сложных задач, в которых приходится учитывать все члены уравнений Навье - Стокса используют численные методы решения, основанные на замене (аппроксимации) дифференциальных уравнений уравнениями в конечных разностях, которые решаются на ПК как система алгебраических уравнений.

В предлагаемой работе рассматривается общая схема применения численного метода сеток к расчету плоского неустановившегося течения вязкой несжимаемой жидкости. В качестве исходных используются как уравнения Навье-Стокса в проекциях, так и их преобразования форма для плоских течений. Уравнения, преобразованные в форму для течений, обладают тем преимуществом, что не содержат давления и имеют две искомые функции  $\psi$  и  $\lambda$ . Возникает необходимость задаться начальными и граничными условиями, которые решающим образом могут влиять на эффективность всего численного метода.

Для получения результатов использоваться Ansys и Delphi.

В результате получим обтекание жидкости различных форм тела, которые могут встречаться в насосной технике, что поможет понять течение жидкости, также выдать предложение о возможных путях совершенствования тел обтекания.

## РЕШЕНИЕ ОСЕСИМЕТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ ГИДРОУПРУГОСТИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Шевченко А.П.

В насосах и агрегатах современных гидравлических, масляных и топливных систем, в распределительных и регулирующих устройствах



широкое распространение нашли щелевые уплотнения. Наличие зазора между вращающимся валом и неподвижной втулкой не позволяет получить полной герметичности, поэтому щелевые уплотнения применяют в таких устройствах, где допускается некоторая утечка уплотняемой среды. В связи с отсутствием непосредственного контакта между уплотняемыми поверхностями, механические потери на трение в щелевых уплотнениях, существенно ниже, чем у других видов уплотнений, а отсутствие контактной работы приводит к повышению долговечности уплотнения.

Недостатком обычных щелевых уплотнений является то, что при больших перепадах давления на щелевом уплотнении форма щели в направлении продольной оси может становиться диффузорной. Устранить этот недостаток можно используя щелевые уплотнения с деформируемой втулкой. При нагружении такого уплотнения рабочим перепадом давления, втулка, деформируясь, образует конфузорную форму щели. Конфузорные кольцевые уплотнения способствуют увеличению собственной частоты вращения, а также обладают лучшими демпфирующими свойствами. Определение геометрических параметров деформируемых щелевых уплотнений, позволяющих расширить область рабочих частот вращения ротора и уменьшить амплитуды колебаний, на сегодняшний день является актуальной задачей.

Решение поставленной задачи проводится в два этапа. На первом этапе решается осесимметричная задача: определяется распределение давления в щелевом уплотнении с недеформируемыми стенками, результат расчета затем принимается в качестве первого приближения при вычислении распределения давления в щелевом деформируемом уплотнении. Второй этап представляет собой решение неосесимметричной задачи гидроупругости методом последовательных итераций.

Определение деформаций и напряжений в деформируемом щелевом уплотнении при осесимметричном нагружении проведено с помощью программы ANSYS 7.0. Оценено влияние основных геометрических параметров уплотнения на величину и форму деформаций.



## РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Олейник Т.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 турбомашин. Многие задачи, с которыми приходится в настоящее время сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению либо требуют огромных затрат на экспериментальную реализацию. Поэтому обращаются к численным методам, алгоритм которых можно реализовать с помощью ЭВМ, например, такие как метод начальных параметров, метод конечных элементов. Можно составлять сложные программы с помощью языков программирования, но существует множество уже готовых программ, которые годами разрабатывались и совершенствовались в различных исследовательских институтах. Они позволяют моделировать различные сложные конструкции и решать сложнейшие физические задачи. Причем, программы имеют удобный интерфейс и расширенные вычислительные возможности.

Данная работа выполнена с помощью программы ANSYS, которая относится к классу "тяжелых" программных систем. Программа ANSYS основана на методе конечных элементов (МКЭ).

С помощью этой программы были смоделированы все узлы ротора насоса ПД 650-180: вал, рабочее колесо, шарикоподшипниковые опоры и уплотнения. Заданы все конструктивные параметры, свойства материала и приложены в узлах нагрузки. Далее создавалась конечно-элементная сетка, которая и является основой реализации в программе ANSYS МКЭ. И чем больше элементов разбиения, тем точнее будут полученные результаты.

В результате мы должны получить критические частоты и формы колебаний данного ротора.



## РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ РОТОРОВ В ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПАРАМЕТРОВ

Тарасевич Ю.Я.

Одной из основных проблем, с которыми приходится сталкиваться при проектировании и эксплуатации центробежных машин является проблема обеспечения их виброненадежности. На практике для получения приемлемых с точки зрения виброненадежности динамических характеристик необходимо располагать надежными методами расчета, позволяющими оценить влияние конструктивных и режимных параметров роторных систем на собственные частоты ротора, границы его динамической устойчивости и амплитуды вынужденных колебаний.

Даже если не учитывать податливость корпуса ротор представляет собой многомассовую упругую систему, связанную с корпусом гидродинамическими силами, возникающими в опорах и уплотнениях. Между силами и моментами в дросселирующих зазорах и колебаниями ротора существует обратная связь, поэтому ротор и уплотнения необходимо рассматривать как замкнутую гидромеханическую систему. При этом следует учитывать, что упругие и демпферные характеристики ротора имеют случайную природу, так как они определяются случайными параметрами щелевых уплотнений (радиальным зазором, конусностью, перекосом).

В докладе рассмотрена модель щелевого уплотнения, в которой ротор вращается с угловой скоростью  $\omega$ , совершая одновременно радиальные и угловые гармонические колебания, а его ось вращается вокруг оси втулки с частотой прецессии  $\Omega$ . Для определения собственных частот колебаний ротора в щелевых уплотнениях используется метод начальных параметров. Ротор рассматривается как система со случайными параметрами, а ее динамические свойства оцениваются вероятностными характеристиками собственных частот. В докладе представлена программа, позволяющая проводить расчет собственных частот роторов центробежных машин различной конструкции. На основе полученных результатов проведено исследование влияния времени эксплуата-



ции и геометрических параметров проточных частей центробежных машин на динамику их роторов.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ И ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОСЕВОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ РОТОРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Гуменюк А.Н.

При эксплуатации центробежных насосов с автоматическим уравновешиванием наблюдаются повышенные осевые вибрации ротора, которые можно объяснить либо резонансами в системе ротор-авторазгрузка, либо самовозбуждающимися колебаниями из-за потери системой динамической устойчивости. В связи с этим вычисление амплитудных и фазовых частотных характеристик системы уравновешивания и проверка ее динамической устойчивости имеют важное значение для обеспечения надежности быстроходных высоконапорных насосов.

Динамический расчет содержит вычисление коэффициентов характеристических уравнений, проверку осевой устойчивости системы по алгебраическому критерию Рауса и вычисление частотных характеристик, по которым следует проводить более детальный анализ динамического состояния системы, строить годограф Найквиста и определять запасы устойчивости по амплитуде и фазе.

В данной работе проведено определение коэффициента характеристического уравнения в аналитическом виде регулятора гидропята с дополнительным торцовым дросселем в аналитическом виде и коэффициентов всей системы. В среде MathCAD вычислены указанные коэффициенты для заданных размеров гидропята и вычислена динамическая устойчивость по критерию Рауса. Получены характеристики одной стороны гидропята, как частный случай базовой модели. Составлен алгоритм для вычисления и построения амплитуд фазовой и частотной характеристик системы.



## ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Зуева Н.В.

Необходимость создания роторных машин с большими параметрами приводит к увеличению скоростей вращения ротора, и росту давлений и температур. При этом надежность уплотнительных узлов уменьшается, и вопрос герметизации становится все более сложным. Кроме того, большие силы, действующие со стороны ротора на уплотнения усложняют динамическое поведение уплотнительного узла. В современном машиностроении особенно широкое распространение получило торцовое уплотнение, которое достаточно надежно работает в широком диапазоне давлений и скоростей вращения.

Работа посвящена исследованию динамики торцовых уплотнений. Получены гидродинамические характеристики торцовых дросселей с учетом сил инерции жидкости. Определены критические частоты колебаний аксиально-подвижного кольца для двух основных компоновок уплотнений - с аксиально-подвижным и аксиально-неподвижным вращающимся кольцом.

Полученные результаты можно использовать при анализе динамики различных элементов, содержащих торцовые дроссели, в том числе и для анализа динамики гидропята.

## РАСЧЁТ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕЦ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ

Деркач О.А.

В последнее время узлы уплотнений крупных машин выполняют в виде сложных гидромеханических систем, содержащих в качестве отдельных элементов почти все уплотнения известных типов: радиальные (уплотнения с сальниковой набивкой, с плавающими кольцами, щелевые уплотнения, лабиринтные) и торцовые (бесконтактные и контактные уплотнения).

В центробежных компрессорных машинах, в высокооборотных энергетических насосах и в других роторных машинах применяют торцовые



уплотнения. Широкое распространение этих уплотнений объясняется сравнительной простотой конструкции и возможностью при соответствующей доводке обеспечить требуемую надёжность и герметичность.

Торцовые уплотнения выполняются в виде пары трения из металла, углеродистого графита, керамики, пластмассы и других твёрдых тел. Чтобы уменьшить интенсивность изнашивания применяют торцовые (гидростатические, гидродинамические и импульсные) уплотнения, в конструкции которых за счёт некоторого увеличения утечек предусмотрено обеспечение бесконтактной работы.

Конструктивное оформление крепления рабочих колец существенным образом влияет на изменение рабочих поверхностей, и, следовательно, на эксплуатационные характеристики уплотнений. В связи с этим конструирование должно сопровождаться анализом напряжённо-деформированного состояния рабочих колец при изменении условий работы, в частности, изменения объёмной температуры. Рабочие поверхности колец в процессе эксплуатации могут существенно деформироваться из-за перераспределения напряжений в сопряжениях с металлическими обоймами при изменении объёмной температуры узла. Возникает деформация в виде комбинации конусности и волнистости.

В работе рассмотрена конструкция торцового уплотнения и произведён расчёт напряжённо-деформированного состояния колец торцового уплотнения с использованием программы ANSYS.

С учётом полученных деформаций произведён анализ гидродинамических характеристик торцовых уплотнений.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ БЕСКОНТАКТНОГО ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ**

Куликов В.А.

В современной технике наиболее распространены механизмы работающие с использованием принципа вращательного движения.

Практически любой из окружающих нас объектов, созданных человеческими руками, требует подвода того или иного вида энергии для



своего функционирования. Выработка и передача энергии, в свою очередь, невозможна без использования машин, основным элементом которых является ротор. Так, любая современная гидро-, тепло- или атомная электростанция обслуживается большим количеством роторных (и других) машин — насосов, компрессоров, электродвигателей и электрогенераторов.

Большинство современных технологических процессов требуют перекачивания жидкости или газа под давлением — это в свою очередь также влечет необходимость использования роторных машин.

Любая роторная машина, как правило, является сложным энергетическим агрегатом, состоящим из большого количества высокотехнологичных узлов. От того, насколько качественно спроектирован каждый из узлов агрегата, зависит надежность всего технологического процесса в целом, надежность работы самой машины, её КПД, стоимость и т.д.

Как показывает опыт эксплуатации роторных машин, использующихся для перекачивания жидкостей и газов, наиболее ответственными узлами, влияющими на динамические характеристики ротора, являются уплотнения.

На данный момент, существует довольно широкий набор конструкций уплотнений различных типов. Однако, наиболее интересны уплотнения с саморегулирующимся зазором. Эти уплотнения получили в настоящее время широкое применение в качестве концевых уплотнений центробежных машин [1, 2].

В данной работе рассматривается новая конструкция уплотнения, бесконтактного торцового уплотнения. Приведен порядок статического и динамического расчетов, а также исследован автоколебательный режим работы уплотнения.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗАТВОРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Гура В.Г., Коржиневский Е.В.

С повышением требований к экологической безопасности проблемы



герметизации машин и оборудования становятся все более актуальными. Особенно сложны и ответственны задачи уплотнения 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 последнее время все большее применение находят бесконтактные торцовые газодинамические уплотнения, обладающие существенными преимуществами перед контактными уплотнениями.

Еще одним из перспективных направлений является внедрение затворных импульсных торцовых уплотнений, к преимуществам которых можно отнести относительно низкую себестоимость и простоту в эксплуатации. Благодаря коаксиальному расположению ступеней упрощается конструкция узла и уменьшаются его габариты при сохранении повышенной надежности и герметичности, характерных для саморегулируемых импульсных уплотнений.

В докладе описана экспериментальная установка, позволяющая испытывать уплотнение в широком диапазоне рабочих параметров: при различных значениях давлений уплотняемой и затворной сред, частоты вращения вала и коэффициента нагрузки. Основной целью эксперимента является проверка основных теоретических положений и выбор оптимальной конструкции уплотнения. Представлены результаты исследований трех вариантов затворного импульсного уплотнения с коаксиальным расположением ступеней: с внутренними дросселями, с дискретным и непрерывным подводом запирающей среды.

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

Рыбалко А.Н.

Возбудителем автоколебаний ротора может являться подшипник. Если подшипники скользят, то в большинстве случаев, благодаря



большой скорости вращения и обильности подвода смазки, они работают на режиме гидродинамической подъемной силы.

Для выяснения механизма возбуждения автоколебаний рассматривается движение вала в подшипнике и уравнения равновесия сил, действующих на вал. При этом считаем, 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 в обоих случаях и проведен анализ для различных режимов возникновения автоколебаний. Более подробно рассмотрены маятниковые и круговые автоколебания ротора.

## **АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА СМЕШАННОЙ СМАЗКИ И РАЗРАБОТКА ОБОБЩЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Ушкалов Н.В.

Наиболее распространенным типом уплотнений роторов насосов до сих пор остаются сальниковые уплотнения. Проблема повышения их надежности и экономичности имеет большое значение для ресурсо- и энергосбережения, а также для охраны окружающей среды. Решение этой проблемы требует детального анализа механизма смешанной смазки в уплотнении.

В работе изучено поведение пленки смазки в контакте набивки с валом: рассмотрено течение жидкости через кольцевую щель и пористую среду, методом последовательных приближений решена задача гидроупругости сальниковой набивки с учетом контактного взаимодействия набивки и вала. При решении задачи в первом приближении принято, что давление смазки в контакте равно капиллярному давлению в микроканалах, образованных контактами микронеровностей поверхностей набивки и вала. Выполнено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния пакета сальниковой набивки с учетом нелинейных свойств материала набивки.



В результате получены уточненные аналитические зависимости для определения протяженности участков зазора и контакта, величины протечек и потерь мощности на трение. Проанализировано влияние величины и распределения контактного давления на герметичность и долговечность уплотнительного узла. Предложен метод расчета позволяющий рассчитывать необходимые геометрические размеры пакета сальниковой набивки в зависимости от давления уплотняемой среды и осевой нагрузки при заданной герметичности уплотнения. Приведен пример расчета и проанализированы наиболее перспективные конструкции сальниковых уплотнений.

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТОРЦОВЫХ САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

Гудков С.Н., Гнатенко С.С.

По оценкам специалистов, примерно 60% всех выбросов в атмосферу составляют утечки через уплотнения машин и трубопроводных систем. Учитывая, что количество эксплуатируемых на Украине насосов измеряется сотнями тысяч агрегатов, а их работа сопровождается протечками, это приводит к загрязнению окружающей среды, а также к потерям не только миллионов тонн ценного сырья, химических и пищевых продуктов, горюче-смазочных материалов, пресной воды, но и большого количества электроэнергии. Поэтому проблема герметизации вращающегося вала насосов является одной из наиболее важных и сложных задач, решаемых при разработке насосного оборудования.

Традиционные радиальные сальниковые уплотнения уже не удовлетворяют тем требованиям по ресурсу и герметичности, которые предъявляются к ним в промышленности, а распространение торцовых механических уплотнений сдерживается их высокой стоимостью. Достаточно удачной альтернативой этим типам контактных уплотнений являются торцовые сальниковые уплотнения, которые объединяют в себе простоту и дешевизну радиальных сальников с высокой герметичностью и долговечностью торцовых механических уплотнений. Несмотря на эти пре-



имущества, существующие конструкции торцовых сальниковых уплотнений являются достаточно перегруженными, для обеспечения необходимой герметичности требуются 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 проанализированы существующие способы гидродинамической разгрузки пары трения и способы, направленные на снижение протечек в уплотнениях. Произведен выбор наиболее эффективных конструктивных мероприятий, не требующих сложной технологии изготовления, для применения их в конструкциях торцовых сальниковых уплотнений. Проанализированы теоретические основы расчета гидродинамических уплотнений. Приведены результаты первых экспериментов, подтверждающих эффективность новых конструкций уплотнений.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS 7.0 ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН С ЗАДАННЫМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ**

Жигилий Д.А.

При разработке новых композиционных материалов вначале анализируют условия нагружения конструкции, в которых она будет работать, при этом оценивают возможности материала, рассчитывая его физико-механические свойства. Подобные формулы сложны и обычно не учитывают влияния большого числа факторов, например, технологические дефекты и другие разного рода несовершенства. В связи с выше изложенным, актуальным представляется вопрос расчёта напряжённно-деформированного состояния пластинок из композиционных материалов с заданными несовершенствами при помощи численных методов.

Одним из наиболее перспективных для численных расчётов методом конечных элементов является программный комплекс ANSYS 7.0, об-



ладающий многими возможностями конечно-элементного анализа - от простого линейного статического до сложного нелинейного динамического (нестационарного). В настоящее время это многоцелевой пакет проектирования и анализа, признанный во всем мире.

Рассмотрена модель двухслойной прямоугольной пластины с ортотропными слоями и расслоением заданной толщины в форме круга в плоскости раздела слоёв. Программный комплекс позволяет рассчитывать не только изотропные, но также ортотропные и анизотропные модели материалов.

Анализ, который проводится с помощью программного комплекса ANSYS 7.0, состоит из трех стадий: препроцессорная подготовка, получение решения и постпроцессорная обработка. На стадии препроцессорной подготовки задаются необходимые для решения исходные данные. Для обоих материалов были выбраны координатные системы и единый тип конечных элементов (SOLID187) - 3-х мерный 10-ти узловой тетраэдрический элемент, указаны упругие постоянные, построена твердотельная модель при помощи геометрических примитивов и операций Булевой алгебры. Сетка конечных элементов может быть сгенерирована автоматически. Граничные условия были заданы с использованием симметрии для снижения вычислительных нагрузок. Края пластины жёстко заземлены. Система находится под действием равномерно распределённой по плоскости пластины нагрузки.

Полученные при постпроцессорной обработке результаты показывают существенное влияние анизотропии и дефектов структур на деформированное состояние пластины. Т.о. программный комплекс обладает высокими вычислительными мощностями, позволяющими моделировать конструкции из анизотропных материалов с рядом несовершенств. Имеется альтернативный трёхмерному моделированию путь использования конечных элементов типа оболочек.

## ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Черевко А.А.

В настоящее время в коммунальной сфере особое значение приобретает проблема повышения эффективности использования скважинного оборудования и резкого сокращения расходов на его эксплуатацию. При этом вопрос обеспечения надежности водопромышленного оборудования является одним из центральных.

При эксплуатации водозаборов механизированным способом основной объем добываемой воды приходится на погружные электроустановки, представляющие собой сложный электрогидравлический агрегат, погружная часть которого — электроцентробежный насос, погружной электродвигатель, гидрозащита и силовой кабель, опускается в скважину на колонне насосно-компрессорных труб, а наземную часть составляют станция управления и трансформатор. При средних и больших отборах скважинной жидкости (100-210 м<sup>3</sup>/час и более) погружная электроустановка наиболее экономичный и наименее трудоемкий по обслуживанию вид оборудования для добычи воды.

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.

Несмотря на улучшение качества эксплуатации скважин, оно еще не соответствует требуемому уровню. В связи с этим имеют место многочисленные отказы и аварии погружных электроустановок, когда установка обрывается и падает в скважину, так называемые "полеты" по-



грузных электроустановок. Любой отказ погружного оборудования вызывает необходимость проведения подземного ремонта, продолжительность которого может достигать нескольких суток. Затраты на его проведение нередко сопоставимы со стоимостью электронасосного оборудования, потери нефти из-за простоя скважины в денежном выражении кратно его превосходят, а отсутствие воды в системе водоснабжения несет огромные проблемы не только потребителям но и коммунальным службам.

В связи с этим, актуальной является задача повышения безотказности ПЗУ, т.е. увеличения времени ее безотказной работы. Безотказность системы "ПЭУ-скважина" оценивается величиной среднего межремонтного периода (МРП).

Переход к системе обслуживания по фактическому состоянию позволит исключить ряд дефектов и снизить эксплуатационные расходы. Мероприятия по переходу на систему обслуживания по фактическому состоянию предусматривают внедрение методов и средств диагностирования ПЗУ в межремонтный период, а также постоянное изучение характера и причин всех видов дефектов и отказов элементов и узлов ПЗУ.

Решение проблемы определения фактического состояния ПЗУ в процессе ее эксплуатации, обеспечивающего повышение надежности ПЗУ, неразрывно связано с технической диагностикой.

Между тем назрела необходимость в разработке методов и технических средств диагностирования ПЗУ в реальном времени эксплуатации, используя в качестве диагностических параметров давление, вибрацию на трубе и изменение силы тока потребляемого электродвигателем.

## **СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ**

Кравчук Я.В., Остапенко М.А.

В докладе рассмотрены принципы построения и функциональные возможности системы сбора, обработки и анализа измерительной информации на насосном оборудовании перекачивающих станций маги-

стральных нефтепроводов на примере филиала "Приднепровские магистральные нефтепроводы" (ПДМН) ОАО "Укртранснефть". В его состав входят 4 районных нефтепроводных управления: Сумское, Кременчукское, Лисичанское и Одесское.

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

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

Проведенный анализ накопленной за последний год измерительной информации на станции НПС "Головашевка" Сумского РНУ показывает, что оборудование работает достаточно устойчиво. Однако на параметрах вибрации видимо сильно сказывается факт эксплуатации насосных агрегатов на неноминальных 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.

## **ОСЕВОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

Погребной С.А., Калиниченко П.М.

Уравновешивание осевого усилия, действующего на ротор центробежного насоса, как правило, связанного с потерями энергии. Здесь действует принцип: чтобы что-то получить — надо чем-то заплатить. Анализ показывает, что цена за уравновешивание различными способами примерно одинаковая (разгрузочные отверстия, импеллеры и т.д.). Наиболее экономичными можно считать способы разгрузки, в которых внешнее воздействие на эпюру давления, а также эффект дросселирования сведены к минимуму.

Выполняя данные требования, в работе представлен один из возможных подходов статического уравновешивания рабочего колеса центробежного насоса. Уравновешивание осуществляется путем управления эпюрой давления в передней пазухе рабочего колеса без ее деформации. Приводится конструктивная схема уравновешивания. Дается методика расчета основных элементов данной конструктивной схемы.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА РОТОРНЫХ МАШИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ИХ ВИБРАЦИЙ**

Сидоренко И.Ю.

В процессе эксплуатации машина подвержена действию различных внутренних и внешних процессов. Все они, действуя на машину, вызывают в ее узлах и деталях процессы, снижающие начальные параметры изделия. Это, в свою очередь, влечет за собой изменение выходных параметров изделия.

Чем глубже изучены закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояния материала, тем достовернее можно предсказать поведение изделия в данных условиях эксплуатации.

Прогнозирование ресурса машины осуществляется путем аппроксимации результатов периодического контроля величины диагностиче-



ского признака (суммарного уровня вибраций и уровня гармоник) приемлемой аналитической зависимостью с последующей экстраполяцией графика этой зависимости до момента пересечения его с предельно допустимым для рассматриваемого признака уровнем.

$$T_{\text{рес}}^{\text{лин}} = \frac{A_{\text{пр}} - A}{A - A_0} (t - t_0) \quad T_{\text{рес}}^{\text{нел}} = \frac{\ln(A_{\text{пр}}/A)}{\ln(A/A_0)} (t_0 - t).$$

Однако для расчёта остаточного ресурса требуется знание предельно допустимых значений диагностического признака, которые в общем условные. В связи с этим предлагается иной метод оценки ресурса, основывающийся на анализе параметров аппроксимирующей аналитической зависимости, описывающей физику процессов, протекающих в машине при деградации её механического состояния.

Полученная формула содержит два неизвестных параметра  $T_{\text{рес}}$  и  $n$ , определяемые в процессе аппроксимации экспериментальных данных, представляющих собой массив значений амплитуд колебаний  $A_i$ , зафиксированных при наработках  $t_i$ . Эти параметры определяются путем поиска минимума следующего функционала

$$U(T_{\text{рес}}, n) = \sum_{i=0}^k \left[ \frac{A_0}{A_i} - \left( \frac{T_{\text{рес}} - t_0}{T_{\text{рес}} - t_i} \right)^n \right]^2.$$

Искомый ресурс следует заменить безразмерным параметром, не преувеличивающем единицы, для чего можно пронумеровать, например, текущую наработку  $t_k$  искомым ресурсом  $T_{\text{рес}}$ .

С учётом этого формула примет следующий окончательный вид:

$$U(\alpha, n) = \sum_{i=0}^k \left[ \frac{A_0}{A_i} - \left( \frac{t_i/\alpha - t_0}{t_i/\alpha - t_i} \right)^n \right]^2.$$

где  $\alpha = \frac{t_k}{T_{\text{рес}}}$ ,  $\alpha = 0.1..1.0$ .

Чем ближе к нулю исходное значение  $\alpha$  и чем меньше шаг, тем точнее оценка ресурса машины.



Таким образом, предлагаемый метод оценки ресурса машин рекомендуется применять как альтернативу общепринятому при вибродиагностическом контроле состояния машин, особенно при отсутствии достаточно представительной статистики о предельно допустимых значениях диагностического признака.

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

Барвинский С.А., Коваленко Е.Ю.

Система MATLAB — это уникальная коллекция 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 динамике, гидродинамике, аэродинамике, акустике, энергетике и т. д. Этому, в частности, способствует наличие пакета расширения Simulink, специально предназначенного для решения задач блочного моделирования динамических систем и устройств, а также обширного комплекса прикладных программ.

Подной 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 чрезвычайно 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 можно выполнять параметрическое моделирование систем во временной области. В сочетании с пакетами Neural Network и Fuzzy Logic может быть создано множество средств 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.

## О МЕРАХ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Калиниченко П.М.

Мера механического движения, аналогично мере любой физической величины, представляет эталон, которым можно измерять данный вид движения. В механике под эталоном подразумевается выбор самой физической величины — чем измерять механическое движение. На основании ряда наблюдений Декарт пришел к выводу, что в качестве меры следует принять количество движения. Принимая взгляды Декарта, Ньютон сформулировал три принципа, составляющие содержание современной механики. С другой стороны, также на основании ряда наблюдений Лейбниц пришел к выводу, что в качестве меры механическо-

го движения следует положить “живую силу”. Взгляды Декарта и Лейбница разделили ученых того времени на две группы, спор между которыми безрезультатно длился много лет. Механика Ньютона, давшая практический инструмент решения задач механики постепенно превозобладала, отодвинув взгляды Лейбница на второй план. Благодаря Ньютону механика сформировалась, а спор, не нашедший разрешения, так и остался.

Проведенные автором исследования динамики плоскопараллельного движения твердого тела, указывают на имеющиеся расхождения механики Ньютона и опыта. Анализ этого несоответствия привел к бывшему спору о мерах механического движения.

В работе представлены результаты исследования динамики плоскопараллельного движения твердого тела. Раскрыта причина полученного рассогласования. Приводится взгляд на решение вопроса о мерах механического движения тела, согласно которому в основе механики должна лежать не столько мера механического движения, а закон сохранения принятой меры движения. Дается доказательство теоремы, выражающей закон сохранения механического движения твердого тела.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРОГРАММЕ ANSYS**

Шкурат Я.В.

Комплексная задача расчетов включала вычисление деформированно-напряженного состояния отдельных конструкций при различных способах их нагружения по программе ANSYS.

При работе с программой ANSYS необходимо: предварительно выбрать методику разбиения, задать точки внутренних воздействий, задать константы, характеристики материала, как для плоской задачи так и для трехмерной, с учетом точности сходимости процесса.

Расчет включал:

- построение графиков в ANSYS;



- вывод результатов в таблице, с помощью эпюр;
- определение наиболее опасных зон;
- вывод на печать результатов расчета стержня или балки.

Даны рекомендации по работе с отдельными подпрограммами расчетов в ANSYS.

## **РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ И КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ДЛИНЕ БАЛКИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА**

Рогалинский Р.С.

Проведен численный расчет нормальных и касательных напряжений балки прямоугольного сечения на двух опорах при различных способах её нагружения в программе ANSYS.

При проведении численного расчета была выбрана сетка разбиения с тремя произвольными вариантами её нагружения внешними силами. Построены эпюры нормальных и касательных напряжений плоского сечения на предельных участках поперечных сил. Определены деформации контура прямоугольного сечения. Результаты расчетов выведены на печать как в графическом так и табличном виде.

Проведен расчет задачи при исходных данных используемых в аналитическом расчете тестовой задачи. Выполнен анализ результатов расчета в программе ANSYS и тестовой. Даны рекомендации по выполнению расчетов в программе ANSYS.

## **ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АРКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЁ НАГРУЖЕНИЯ**

Алтынцев Е.И.

Проведен численный расчёт и анализ напряжённо-деформированного состояния статически определимой арки при различных схемах её нагружения и для трех размеров её профиля в программе ANSYS.

Для всех вариантов схем нагружения построены эпюры поперечной силы ( $Q$ ), продольной силы ( $N$ ), и изгибающего момента ( $M$ ).

Проведен численный расчёт тестовой задачи и сравнительный анализ результатов всех вариантов схем нагружения.

На печать выводились табличные значения деформаций и напряжений по длине арки и графическое изображение эпюр и напряжений по профилю арки, что позволило наглядно видеть опасные зоны её нагружения.

Даны рекомендации по работе в программе ANSYS. Точность расчетов задавалась выбором сетки разбиения

Приведены выводы по точности аналитических расчётов тестовой задачи выполненных в работе прошлого года. Даны рекомендации по выбору оптимальной схемы нагружения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРОНШТЕЙНА ПОДВЕСКИ ЗАСЛОНОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ИХ НАГРУЖЕНИЯ**

Крючко Е.В.

Проведен численный расчёт силового воздействия на кронштейн семи вариантов положений 6-ти заслонок и тестовой задачи. За тестовый вариант приняты результаты аналитического расчёта положения заслонок. Значения силового нагружения кронштейна определено экспериментально для одного из вариантов положений заслонок. Эксперимен-



тальные замеры нагружения проводились тензодатчиками в компьютерной системе обработки результатов.

По полученным расчётам плоской задачи нагружения заслонок проведены расчёты в системе ANSYS напряженно-деформированного состояния кронштейна для всех вариантов положений заслонки. Результаты расчётов деформаций и напряжений по профилю кронштейна выводились на печать как в табличном, так и в графическом виде. Степень окрашивания графического изображения рассматриваемых узлов позволяло визуально анализировать опасные зоны нагружения.

Графики расчётов в системе ANSYS наглядно демонстрируют опасные зоны нагружения и указывают оптимальный способ положения заслонок. Система ANSYS позволяет легко проводить сравнительную оценку вариантов расчетов, сравнивать их с экспериментальными значениями и проверять полученные ранее аналитические решения.

В докладе даны рекомендации как по работе в программе ANSYS так и по выбору оптимального варианта расположения заслонок.

## **ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕЦ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ КОМПРЕССОРА**

Королева Ю.В.

Проведён численный расчёт в программе ANSYS напряжений и деформаций профиля двух колец уплотнения компрессора при их осесимметричном нагружении. Результаты расчётов выводились на печать в табличном и графическом виде. Расчёты проводились для 3 вариантов геометрических размеров профиля кольца уплотнения при различных схемах его нагружения. По результатам сравнительного анализа расчёта выбрана оптимальная конструкция. Даны рекомендации по работе в программе ANSYS по выбору сетки разбиения и выбору схемы нагружения.

## **ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕЦ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

Федченко Е.В.

Проведён численный расчёт в программе ANSYS напряжений и деформаций профиля двух колец уплотнения центробежного насоса при их осесимметричном нагружении. Результаты расчётов выводились на печать в табличном и графическом виде. Расчёты проводились для 3 вариантов геометрических размеров профиля кольца уплотнения при различных схемах их нагружения. Выполнен численный расчёт тестовой задачи. По результатам сравнительного анализа расчёта выбрана оптимальная конструкция.

Даны рекомендации по работе в программе ANSYS по выбору сетки разбиения и выбору схемы нагружения.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Скорик А.

В работе выполнены теоретические расчеты нагрузок в сварных стыковых соединениях и проведены лабораторные опыты по их проверке. Испытания выполнены для образцов с различными углами соединения элементов.

На основании условия прочности были определены допускаемые усилия. Они определялись по допускаемым напряжениям и по расчетным сопротивлениям. Наибольшее усилие было получено для соединения с углом наклона - 50 градусов. По результатам работы сделаны выводы.



## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИХ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ**

Юрко И.

В работе выполнены расчеты допускаемых нагрузок балок при их продольном изгибе. В сечении балки составлены из элементов прокатных профилей, для которых в работе прошлого года были получены главные центральные моменты инерции. Рассмотрены 2 типа сечений и 4 схемы закрепления балок.

Расчет выполнен по допускаемым напряжениям и расчетным сопротивлениям. Дана оценка экономичности рассмотренных вариантов и указаны лучшие.

## **ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ**

Федоренко Д.

В работе проведен расчет заданной схемы рамы при различных типах её закрепления. Для каждой схемы рассчитаны и построены эпюры  $Q$ ,  $M$ ,  $N$ . Выполнена статическая проверка узлов.

Выполнен анализ полученных результатов и даны рекомендации по выбору оптимальных схем закрепления рамы.

## **ПОДБОР ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ**

Любченко К.

Рассмотрены две статически определимые балки, для которых построены эпюры  $Q$ ,  $M$ . Исходя из условия прочности, подобраны поперечные сечения: двуглавровое и коробчатое. Рассчитаны и построены эпюры нормальных и касательных напряжений. Дана экономическая целесообразность подбора сечения.

Переходя к балкам равного сопротивления, сделан окончательный вывод о применении того или иного сечения с учетом технологии изготовления, транспортировки, эксплуатации и монтажа.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ НА БОЛТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ**

Вороненко В., Никоненко А.

Изготовлено 4 типа болтовых соединений с различной схемой расположения болтов. Исходя из условий прочности при осевом растяжении, выполнен расчет допустимой нагрузки по допускаемым напряжениям и расчетным сопротивлениям.

Сопоставлены данные двух методов расчета. Рассмотрен механизм работы болта при деформации сдвига и смятия. Теоретические расчеты сверены с результатами данных эксперимента.

## **РАСЧЕТ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ПЛОСКИХ ФЕРМ**

Мандрыка А., Матвиенко Б., Лазаренко С., Крючков С.

В работе проведены расчеты по определению опорных реакций балок и рам при действии плоской системы произвольных сил. Для сложных фигур методом разбиения вычислены центры тяжести и ядро сечений.

Для плоских ферм аналитически методом сечений и вырезания узлов найдены усилия в отдельных стержнях.

Расчеты проведены для нескольких схем нагружения и приведены как в виде таблиц, так и графически на листах А-1 с пояснительными записками.

Выполнен анализ полученных результатов.



## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМ ПРИ ИХ ПЛОСКОМ И ПРОСТРАНСТВЕННОМ НАГРУЖЕНИИ**

Булатов С., Дибров Б., Чудопол А., Волик Ю., Назаренко Р.,  
Покинутый М., Липовая Т., Барлит М., Корниенко К.

В работах рассмотрены задачи на определение центров тяжести сложных фигур, определение опорных реакций и усилий в стержнях ферм при плоском и пространственном их нагружении. При расчетах изменялись схемы нагружения и типы опор, как для плоских, так и для пространственных задач.

Внимание уделялось основному дидактическому принципу, что не противоречит расчетному неравенству. Полученные значения сведены в таблицы и представлены в графическом варианте.

На основании полученных результатов выполнен анализ решений.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ БАЛКИ ИЗ ЦЕЛЬНОГО И КЛЕЕННОГО ДЕРЕВА**

Варуха А., Михалько С.

В работе проведен расчет допустимой нагрузки при поперечном изгибе деревянной балки при её нагружении сосредоточенной силой или распределенной нагрузкой. Рассмотрены варианты расчетов балок при разных схемах опор и для различных профилей поперечного сечения.

По результатам расчетов построены эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для балки из цельного и клееного дерева. Предложена примерная схема разрушения с образованием нормальных и наклонных к продольной оси элемента трещин. Из условия прочности определена допустимая нагрузка по допускаемым напряжениям и расчетным сопротивлениям.

Для проверки результатов расчетов запланированы экспериментальные испытания, для которых уже изготовлены образцы балок, их опор и внешних усилий. По результатам эксперимента будет проведен сравнительный анализ опытных и расчетных характеристик.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕМЕНТА ДЕРЕВЯННОГО БРУСА Т-ОБРАЗНОЙ ФОРМЫ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СДВИГА**

Мужицкий С.

В работе проведены теоретические расчеты допустимой нагрузки при деформации сдвига элемента деревянного бруса выбранной конфигурации и проведены экспериментальные испытания образцов.

Для экспериментального определения допустимой нагрузки при сдвиге элемента бруса были изготовлены образцы из древесины и приспособления для внешнего нагружения, обеспечивающие деформацию сдвига.

Предварительно проведены теоретические расчеты допустимых нагрузок образцов эксперимента из условий прочности при сдвиге по допускаемым напряжениям и расчетным сопротивлениям.

Результаты эксперимента и теории сведены в таблицу и представлены в графическом варианте. Для наглядности на плакатах нарисованы в аксонометрии схемы образцов до и после испытаний. Проведен анализ полученных значений.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА СЖАТИЯ ОБРАЗЦОВ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Хижняк Т.

Изготовлено ряд прямоугольных образцов с отверстиями различной формы из оргстекла. При внешнем силовом нагружении образцов на них направлялся световой поток. На экране наблюдалась картина деформации образца. Количество силовых линий больше концентрировалось по краям отверстий.

Проведен анализ схем нагружений образца в зависимости от типа его ослабления. Даны характеристики напряжений образцов с симметричными и несимметричными ослаблениями и даны рекомендации по их применению.

Рассмотрена физическая задача по работе образца.



## ИСПЫТАНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

Гордиенко Ю.

Целью работы явилось экспериментальное изучение закономерности изменения положения  $G_{pz}$ ,  $G_t$ ,  $G_p$  в зависимости от изменения площади сечения образца. Было изготовлено 8 стальных образцов диаметрам от 5 до 12 мм. Для каждого опыта строились диаграммы растяжения с характерными точками: пределом пропорциональности, пределом текучести, пределом прочности; которые накладывались одна на другую. Проведен анализ результатов работы.

## ПОДБОР СЕЧЕНИЯ БАЛКИ ПРИ ЕЁ ИЗГИБЕ

Коварцов С., Галицкий Н.

В работе рассмотрены две расчетные схемы нагружения балок с различными опорами, для которых рассчитаны и построены эпюры поперечных сил и моментов. Исходя из условий прочности, подобраны два типа сечения: двутавровое стальное и прямоугольное из древесины.

Рассчитаны и построены эпюры нормальных и касательных напряжений. Результаты вычислений приведены в табличном и графическом виде. Выполнен анализ полученных результатов.

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ

Качан С.

В работе рассмотрено две схемы нагружения фермы: симметричное и несимметричное. Определены усилия в элементах фермы методом вырезания узлов, а в отдельных элементах методом моментных точек. Проведено сопоставление результатов расчетов, проанализированы преимущества и недостатки каждого из вариантов решения и сделаны выводы.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ И УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМ И ГЛАВНЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОСЕЙ ПЛОСКИХ ФИГУР**

Кривошеев С.

В работе проведены расчеты опорных реакций пяти схем плоско-го нагружения статически определимых балок. Рассчитаны усилия в элементах плоской фермы методом вырезания узлов. Решена задача на определение центра тяжести плоской фигуры сложной конфигурации и определены для неё главные центральные оси. По результатам проведенных расчетов выполнены рисунки на плакатах формата А1.

## **РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЛОМАНОВОГО БРУСА**

Томко А.

В работе для пространственного ломаного бруса заданной конфигурации рассчитаны и построены эпюры  $Q$ ,  $M$ ,  $M_{кр.}$ ,  $N$  при различных внешних силовых формах нагружения. Выполнена статическая проверка узлов. Проведен анализ полученных результатов и определены варианты неблагоприятных схем нагружения.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ТИПА ТЕМПЕРАМЕНТА УЧЕНИКА**

Тертышный И.

В работе приводятся результаты исследования темперамента учащихся 8-11 классов школы №25, а именно: в 8-9 классе преобладает тип флегматика, а в 9-10 классе — сангвиника.

Предложено 7 методов обучения: монологический, диалогический, показательный, эвристический, алгоритмический, исследовательский и проблемный. Излагается один из методов обучения на примере решения задачи по подбору сечения деревянной балки при поперечном изгибе.



## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСПЕВАЕМОСТЬ УЧЕНИКОВ В 2002-03 УЧ. ГОДУ**

Двигало О., Журенко Ю., Губская М.

Проведено исследование классных журналов и составлена статистика по общей и качественной успеваемости и посещаемости учеников 8-х классов школы №17 по дням занятий 2002-2003 учебного года. Все данные сведены в таблицы и составлены соответствующие графики. Проведен анализ совпадений "трудных" дней по успеваемости и посещаемости с энергией планет и скоростью вращения Земли.

Рассматривались предварительные условия возникновения энергии планет, соотношения масс и их орбит, вероятные совпадения в "параде" планет, а также скорость и ускорение поступательного движения, угловая скорость и ускорение вращательного движения Земли. Предложены физиологические особенности умственной работы головного мозга. Даны некоторые рекомендации.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОСЕЩАЕМОСТЬ И УСПЕВАЕМОСТЬ УЧЕНИКОВ 7 КЛАССА**

Ратушный А.

В работе выполнена статистика по классному журналу школьников 7-е класса школы №6 фактической посещаемости и текущей общей и качественной успеваемости за 2002-03 учебный год. Аналогично проведена по указанным датам статистика природно-климатических факторов, а именно: энергии планет, скорости вращения Земли, трудных дней.

Проведен анализ совпадений между трудными днями, качеством успеваемости и посещаемостью учащихся, а также сделана попытка установить аналитическую формулу для совпадений графиков по снижению успеваемости в сложные природно-климатические дни. Как пример, проведен анализ зависимости между трудными днями и изложением тем по сопротивлению материалов.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОЛКАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛИСТОВЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Бояринова Е.М.

Рассмотрим особенности математического моделирования динамики механических систем, в частности систем с присоединённой массой. Поскольку их основной задачей является обеспечение нормального режима движения транспортируемого материала, исследуем динамику вибротранспортных машин.

Осуществим выбор методов

### ➤ при моделировании расчётной схемы

1. Приведенный метод (с помощью сосредоточенных масс)

- Методы приведения для механических систем
- Методы приведения для вибротранспортных машин

2. Метод моделирования с использованием распределённых масс.

### ➤ при составлении математической модели

1. Для сосредоточенных масс дифференциальное уравнение можно вывести с помощью

- использования второго закона Ньютона
- уравнение Лагранжа второго рода
- принцип Д'Аланбера
- уравнение Д'Аланбера

2. Для распределённых масс динамика упругой системы приводится к решению волновых уравнений, представленных в частных производных.

### ➤ выбор метода решения полученной математической модели

Предварительный анализ объекта показал, что в следствие наличия в нём больших масс, можно ожидать, что решение системы ДУ не будет быстро меняться во времени, следовательно, позволяет применить



практически любой численный метод решения задачи Коши. Остановимся на одношаговом методе — методе Рунге-Кутты IV порядка точности.

Составлены расчетные схемы для обобщенной упругой системы “толкатель — транспортируемый материал”. Распределённую партию слябов представили в виде двух, трёх и шести сосредоточенных масс. Тем самым получают системы ДУ второго порядка. Переходя к системам первого порядка, путем замены, имеем новые системы из шести, десяти и шестнадцати уравнений. Для их решения используем метод Рунге-Кутты IV порядка точности. Получив решения систем для одной и трёх масс, определяются динамические усилия, путём умножения разности полученных перемещений на соответствующие жёсткости. Изменяя коэффициент трения между слябами и подом печи (что актуально при износе последней), получены зависимости усилий в приводе и в штанге от коэффициента трения. Полученный программный продукт и результаты его работы позволяют решать другие основные задачи вибротранспортных машин:

- моделирование взаимодействия рабочих органов машины с транспортируемым или обрабатываемым материалом и источником энергии
- исследование причин возникновения и устранение паразитных колебаний рабочих органов машины, которые вредно отражаются на транспортируемом материале
- расчет динамической прочности всей машины путем анализа работы грузонесущего органа и привода как единого целого.

## **РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА В СРЕДЕ DELPHI ПО КУРСУ “ПРОГРАММИРОВАНИЕ” ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Нестеров О.А., Тыркусова Н.В.

Наряду с традиционными формами обучения студентов, такими как очное и заочное, в настоящее время все большее признание получает дистанционная форма обучения, позволяющая студенту изучать материалы дисциплин с использованием телекоммуникационных технологий. Разработка программ-тренажеров для контроля знаний студентов этой формы обучения является достаточно сложной задачей, поскольку необходимо учитывать специфику изучаемого курса.

Разработанная программа позволяет студенту проверить на сколько полно усвоен курс программирования. Задания собраны по всем основным темам обучения языку программирования Borland Pascal. Студенту предлагается составить программу для решения поставленной задачи путем выбора необходимых операторов из некоторого набора.

Пользовательский интерфейс организован с использованием компонента TTabbedNotebook, который позволяет вывести на отдельных страницах: а) условие задачи и инструкцию по работе с тренажером, б) набор операторов и окно программы, в) блок-схему решения задачи. Такой интерфейс позволяет просматривать необходимую информацию, а также экономно использовать рабочее пространство окна.

Компонент TCheckBox организует выбор необходимых операторов в окно программы (компонента TMethod) и позволяет добавлять их или удалять из программы.

Затем составленная программа компилируется и запускается на выполнение. Для этого используется функция CreateProcess, которая создает новый процесс в памяти и ждет завершения его работы. Эта функция также запускает откомпилированную программу на выполнение, ждет, пока пользователь введет данные и завершит работу с программой.

Составленные студентом программы сохраняются в файле и затем компилируются. Сообщения компилятора выводятся в специальное ок-



но. В случае успешной компиляции программа запускается, и результаты выполнения записываются в файл. Затем происходит сравнение результатов работы составленной студентом программы с истинными. Если результаты совпадают, студенту предлагается перейти к следующему заданию.

Данный тренажер может также использоваться для проверки знаний у студентов других форм обучения.

## ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Максименко О.В.

Процесс получения капролактама из анилина описывается системой уравнений в частных производных, которые после некоторых преобразований можно записать следующим образом:

$$e^{-E_2/RT(t)} = \varphi(t), \text{ тогда } e^{-E_1/RT(t)} = \varphi^{E_1/E_2}(t) = \varphi^\alpha, \text{ где } \alpha = E_1/E_2$$

$$\frac{da}{dt} = n_0 k_a^0 \varphi x_L, \quad x_L = \frac{k_x^0 \varphi^\alpha a}{n_0 - k_x^0 \varphi^\alpha a}$$

Уравнение работы реактора:

$$\frac{da}{dt} = f_1(t) = \frac{n_0 k_a^0 k_x^0 \varphi^{1+\alpha} a}{n_0 - k_x^0 \varphi^\alpha a}$$

где  $n_0$  — загрузка реактора, приведенная к 1 т сырья;  $x_L$  — степень превращения вещества на выходе реактора;  $k_x$ ,  $k_0$  — константы скорости реакции;  $a = a(t, t)$  — активность катализатора;  $E_1$ ,  $E_2$  — энергия активации;  $R$  — газовая постоянная;  $T(t)$  — температура, устанавливаемая в реакторе.

Температурное управление во времени может меняться в пределах  $T_1 \leq T \leq T_2$ . В задаче требуется подобрать такой закон управления

$T(t)$  и время работы реактора  $t_p$ , чтобы обеспечить максимальное значение величины критерия  $Q$ .

$$q = \frac{q \int_0^{t_p} (p_{np} x_L - p_c) dt - \Delta}{t_p + t_0},$$

где  $q$  — скорость загрузки сырья в реактор;  $p_{np}$ ,  $p_c$  — обобщенные стоимости весовой единицы продукта и сырья;  $\Delta$  — стоимость операции обслуживания.

Существует множество методов решения задач оптимального управления. Нужно определиться, какой же выбор будет наиболее удачным. У вариационных методов (например *метод множителей Лагранжа*) есть ограничения — они не находят решение на границе, функция должна быть дифференцируемой. Во многих прикладных задачах на управление накладывается ограничения типа неравенств. Как правило, оптимальное управление в таких задачах имеет разрыв. Метод множителей Лагранжа не позволяет определить количество и местоположение точек разрыва, и поэтому в этих случаях он не позволяет находить оптимальное управление. Такие задачи эффективно решают с помощью *принципа максимума Понтрягина*.

Основу *метода динамического программирования* составляют: принцип оптимальности, инвариантное погружение, т.е. включение исходной задачи в семейство аналогичных ей задач, функциональное уравнение, получаемое на основе принципа оптимальности и инвариантного погружения. Метод динамического программирования сводит задачу минимизации скалярной функции от  $n$  переменных к  $n$  задачам минимизации скалярных функций от одной переменной. В результате при числовом решении задачи существенно сокращается объем вычислений. Для динамического программирования выполняется *принцип оптимальности*: Оптимальная стратегия (поведение) обладает тем свойством, что, каковы бы ни были начальное состояние и решения на начальном этапе, решения на последующем этапе должны составлять оптимальную стратегию относительно состояния, которое получается в результате принятия решений на начальном этапе. Задача естественным



## ЕВОЛЮЦІЯ СТОХАСТИЧНОЇ СИСТЕМИ В РАМКАХ НЕЛІНІЙНОЇ КІНЕТИКИ

Харченко В.О., Харченко Д.О.

В роботі розглянуто теоретичний підхід, що дозволяє подати систему, яка підпорядковується нелінійній кінетиці. Математичну основу такого підходу складає нелінійне рівняння Фоккера-Планка для функції розподілу, в рамках якого можливим стає опис системи за статистикою Больцмана, неадитивною статистикою Цалліса [1] та парастатистикою Каніадакіса [2]. Метою роботи є встановлення еволюційних законів, основних статистичних характеристик такої системи, які зводяться до середнього від стохастичної змінної (параметр порядку), дисперсії (одночасового корелятора) та кореляційної функції (функції Гріна).

Грунтуючись на нелінійному рівнянні функції розподілу побудовано систему еволюційних рівнянь параметра порядку, автокорелятора та гріновської функції. В роботі досліджено як стаціонарні випадки поведінки системи, так і відповідні часові залежності для моделі системи з потенціалом Ландау типу  $x^4$  та адитивним шумом. Виявлено, що в рамках статистики Цалліса з параметром не адитивності  $q$  система може зазнавати індуковані шумом переходи першого роду, які набувають реверсивного характеру. На основі побудованих біфуркаційних та фазових діаграм з'ясовано, що упорядкована фаза реалізується лише в певних областях параметра  $q$ . Методом фазової площини досліджено кінетику системи, де виявлено часову поведінку основних статистичних мод. Okремо розглянуто поведінку неупорядкованої та упорядкованої системи. З'ясовано, що система може перебувати деякий час у метастабільному стані, який відображається наявністю сідлової точки на фазовій площині параметра порядку – автокорелятор. Показано, що наявність кореляції дозволяє системі зазнавати переходів першого роду, а нелінійність кінетики системи є джерелом реверсивності переходів.

В роботі окремо досліджено вплив мультиплікативного шуму на скелінгові характеристики статистичних моментів. В рамках наближення самоафінності показано, що показник Герста, який пов'язаний із внутрішньою фрактальною вимірністю фазового простору системи стає

залежним від параметра неадитивності  $q$  та динамічною характеристикою мультиплікативного шуму.

Одержані результати узагальнюють існуючі теоретичні дані систем з аномальною поведінкою [3,4] та показують можливість керування динамікою системи, що описується узагальненою статистикою. Результати роботи можуть бути застосовані до опису систем із самоорганізованою критичністю (динаміка сипких і пористих середовищ) та процесів з аномальною дифузиею (вибухова кристалізація, фінансові крахи).

[1] С. Tsallis, J.Stat.Phys., 52, 479 (1988).

[2] G.Kaniadakis, Phys.Lett.A, 288, 283 (2001).

[3] D.Kharchenko, FNL, 2, N4, L273 (2002).

[4] О.І.Олемской, Д.О.Харченко, Журн.Фіз.Досл., 7, 1 (2003).

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ІНВЕСТИЦІЯМИ

Костюченко О.В., Коваль Р.О., Стеценко Л.О.

Комп'ютерні технології, проникаючи практично в усі сфери діяльності, використовуються при розв'язанні задач інвестування.

В даний час існує ряд пакетів прикладних програм, які застосовуються при розв'язанні даного типу задач.

Розв'язання проблем погашення кредитів, узгодження технічних параметрів вексельного обігу, оцінки акцій вирішується за допомогою табличного процесора EXCEL.

Кредит — позичка в грошовій або товарній формі на умовах повернення, що надається, юридичною або фізичною особою — кредитором (кредитною установою), іншій юридичній або фізичній особі — позичальнику. Інвестиційні кредити розрізняються за ознаками, класифікація яких приведена в табл.1.

Банківське кредитування здійснюється в формах термінового, контокорентного, онкольного, облікового, акцептного кредитів, факторингу і форфейтингу.

У темі "Вексельний обіг" розглядаються технічні методи узгодження інтересів учасників форфейтингової операції.



для того, чтобы операция была обратимой. По этой причине вместо нуля используется код 65536..

Алгоритм лежащий в основе этого проекта, представляет "объединение операций различных алгебраических групп". Смешиваются три алгебраические группы, и все они могут быть легко реализованы как аппаратно, так и программно: XOR%; сложение по модулю  $2^{16} + 1$ ; умножение по модулю  $2^{16} + 1$ .

Современные программные реализации IDEA в два раза быстрее, чем DES. На компьютере с i386/33 Mhz IDEA шифрует данные со скоростью 880 Кбит/с, а на компьютере с i486/33 Mhz - со скоростью 2400 Кбит/с. Вы могли бы подумать, что IDEA должен быть побыстрее, но умножение не дешевое удовольствие. Умножение 2-х 32-битовых чисел на процессоре i486 занимает 40 тактов (10 на процессоре Pentium).

Длина ключа IDEA равно 128 битам, а это более чем в два раза больше чем у DES. При условии, что наиболее эффективным является вскрытие грубой силой, для вскрытия ключа потребуется  $2^{128}$  ( $10^{38}$ ) шифрований. Создайте микросхему, которая может проверять миллиард ключей в секунду, объедините миллиард таких микросхем, и вам потребуется  $10^{13}$  лет для решения проблемы, а это больше чем возраст Вселенной.  $10^{24}$  таких микросхем решат проблему за день, но во Вселенной не найдется столько кремния, чтобы построить такую машину.

Так же алгоритм не поддается взлому путем дифференциального криптоанализа, а также криптоанализа со связанными ключами. В IDEA существует класс слабых ключей, но эти ключи не являются слабыми в том смысле, в котором слабы некоторые ключи DES, для которых функция шифрования обратна самой себе.

## ПОРОГОВІ ПРОТОКОЛИ РОЗПОДІЛУ СЕКРЕТУ

Дунь О.В.

Дуже важливою областю криптографії, що інтенсивно розвивається в останні роки, є специфічні протоколи, які одержали назву схем (протоколів) розподілу секрету. По своїй сутності схеми розподілу секрету є

багатосторонніми протоколами, основною функцією яких є установлення ключів або паролів. При цьому під установленням ключів розуміється процес чи прикладний протокол, в результаті виконання якого загальний секрет (ключ, пароль) стає доступним об'єктам чи суб'єктам інформаційної технології, що дозволяє їм виконувати криптографічний захист з необхідною якістю.

Схеми розподілу секрету знайшли також застосування і для сумісного управління критичними технологіями та процесами. В такому управлінні можуть брати участь  $n$  об'єктів або суб'єктів. Протокол розподілу секрету складається з двох фаз: фази розподілу секрету та фази відновлення секрету.

Розглядається  $n$  учасників протоколу  $P_1, \dots, P_n$ , яких ми будемо звати процесорами і один учасник (довірена сторона), якого ми виділяємо і який зветься дилером. На фазі розподілу секрету дилер, який знає деякий секрет  $S$ , генерує  $n$  часток секрету і посилає  $S_i$  частку учаснику  $P_i$  по захищеному каналу зв'язку. Також дилер публікує секрет  $S$  у зашифрованому вигляді. За допомогою цієї інформації кожний процесор  $P_n$  може перевірити, що значення  $S_i$ , отримане ним від дилера, дійсно є часткою секрету  $S$ . При цьому на  $S_i$  накладаються також обмеження, щоб кожні  $k$  об'єктів, надавши  $k$  справжніх секретів  $S_i$ , могли б обчислити загальний секрет  $S(k \leq n)$ .

На фазі відновлення секрету  $k + v$  учасників однозначно відновлюють секрет, обмінюючись повідомленнями по захищених каналах зв'язку, де  $v$  з них можуть надати помилковий чи перекручений секрет, а  $k$  — справжній, при цьому все одно буде забезпечуватись формування загального секрету. А якщо буде надано  $k - 1$  приватних секретів, відновити  $S$  буде неможливо (безумовно чи за допомогою обчислення).

## ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ INTERNET-СТРАТЕГИИ CRM

Остривная Л.Г.

Сейчас руководители информационных служб все чаще сталкиваются в своей практике с так называемым управлением отношениями с



заказчиками (CRM - customer relationship management). CRM - это не продукт и не услуга. Это комплексная бизнес-стратегия, позволяющая компаниям эффективно управлять своими взаимоотношениями с клиентами. Эта стратегия основана на выполнении следующих условий:

- наличие единого хранилища информации и системы, куда мгновенно помещаются и где в любой момент доступны все сведения обо всех случаях взаимодействия с клиентами;
- синхронизированность управления каналами взаимодействия;
- постоянный анализ собранной информации о клиентах и принятие соответствующих организационных решений.

Всеобщий интерес к концепции CRM обусловлен тем, что сегодня, с появлением технической возможности работать со сверхкрупными базами данных и осуществлять сбор информации о клиентах из самых разных источников, включая Интернет, а также с развитием в глобальных масштабах электронной торговли, реализация этой привлекательной идеи превратилась в насущную потребность выживания в условиях конкуренции. Сегодня затраты на приобретение нового клиента существенно превышают стоимость обслуживания имеющихся клиентов через Интернет. Проведенные исследования показывают, что экономический эффект от каждого доллара, вложенного в рекламу, составляет 5 долларов, а вложенного в обслуживание клиентов — 60 долларов.

Потенциал использования Internet-стратегии CRM можно оценить по тому, каким клиенты хотели бы видеть Web-сайт компании-поставщика.

В отчете Andersen Consulting Canada (2003 г.) были проанализированы ответы 203 менеджеров по закупкам и 250 конечных покупателей.

Анализ результатов опроса показал существенную разницу в восприятии стратегии CRM различными категориями заинтересованных лиц.

Отдавая должное возможностям Web, 83% клиентов хотели бы получить доступ к информации о состоянии своего платежного баланса и заказов непосредственно на Web-сайте компании-поставщика. Но

только 19% руководителей сообщили, что узлы их компаний позволяют просмотреть такую информацию. Почти 76% покупателей выразили готовность приобретать товары и услуги через Internet, и только 24% менеджеров подтвердили, что их сайты поддерживают функции электронной коммерции.

Клиент оказывается разочарован, обнаружив, что Web-сайт не может быть отображен в соответствии с его настройками, отсутствует дифференциация посетителей, связь сайта с другими каналами доставки, а также функция автоматического уведомления пользователей о появлении товаров и услуг, к которым те проявляют особый интерес.

Профессионалы в области закупок отметили, что, на их взгляд, обслуживание клиентов на корпоративных Web-сайтах нуждается в серьезном улучшении. Только 33% снабженцев согласились с тем, что большинство компаний, с которыми им приходилось иметь дело, ориентированы на клиентов.

Результаты исследования Andersen Consulting показывают, что, игнорируя вопросы внедрения CRM, менеджеры рискуют упустить свой шанс. Компании Amazon, Chapters Online, Canada Trust являются ярким примером того, чего можно добиться, уделяя достаточно внимания повышению качества обслуживания клиентов.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ УЧЕБНОГО КОРПУСА, КАК МОДУЛЯ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ СУМГУ**

Ногтев В.Ю.

Разработка технического проекта локальной сети учебного Машиностроительного корпуса Сумского государственного университета обусловлена необходимостью пользователей иметь локальную связь между компьютерами данного корпуса, а также необходимостью предоставления доступа пользователям ко всем ресурсам единой корпоративной сети Сумского государственного университета.

Корпоративная сеть является транспортом Internet, а также обеспечивает доступ к серверам СумГУ. Среди них: серверы приложений и



баз данных, которые обслуживают автоматизированную систему управления университетом; файловые серверы, которые обеспечивают коллективный доступ к драйверам, обновлениям антивирусных баз, программного обеспечения, служат своеобразным буфером для временного хранения информации или обмена ею; сервер-шлюз, который обеспечивает подключение к глобальной сети передачи данных Internet; веб-сервер, который обеспечивает функционирование системы веб-сайтов университета; почтовый сервер, обеспечивающий функционирование электронной почты университета.

После анализа существующих методов решения подобных задач, был предложен свой подход, предусматривающий возможность последующей интеграции локальной компьютерной сети учебного Машиностроительного корпуса в единую корпоративную сеть СумГУ. При этом учитывались следующие особенности: специфика организации корпоративной сети СумГУ (информационные носители, коммутирующее оборудование), географическое расположение учебных корпусов университета, количество и размещение компьютерных рабочих мест в рассматриваемом учебном корпусе. В дальнейшем было разработано черновое техническое задание, проработаны основные технические характеристики технического проекта. В результате был составлен технический проект локальной компьютерной сети учебного Машиностроительного корпуса Сумского государственного университета.

Разработанный проект удовлетворяет требованиям к единой информационной системе Сумского государственного университета. А также, соответствует стандартам IEEE 802.3, EIA/TIA 569 регламентирующим требования к системам на витой паре и на оптико-волоконном кабеле.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ MDA**

Овдиенко Я.А.

Данная работа относится к области автоматизации разработки информационных систем.

В настоящее время задачи автоматизации решаются в рамках концепции CASE (Computer Aided Software Engineering).

Ниже приведены средства, автоматизирующие ту или иную совокупность процессов жизненного цикла ПО:

1. Построение и анализ моделей предметной области (Upper CASE); Design/IDEF (Meta Software);
2. Анализ и проектирование (Middle CASE); Vantage Team Builder (Cayenne), Designer/2000;
3. Проектирование баз данных; Erwin (Logic Works), S-Designor (SDP), DataBase Designer;
4. Разработка приложений (4GL); Uniface (Compuware), JAM (JYAAC), PowerBuilder (Sybase),;
5. Анализ программных кодов и схем баз данных; Rational Rose (Rational Software), Object Team;
6. Планирование и управление проектом; SE Companion, Microsoft Project;
7. Конфигурационное управление; PVCS (Intersolv);
8. Тестирование; Quality Works (Segue Software);
9. Документирование; SoDA (Rational Software).

Как видим все выше перечисленные средства на основании концепции CASE не поддерживают полный ЖЦ ПО.

Цель данной работы выбрать средство для проектирования и реализации приложений баз данных, удовлетворяющее критериям:

- **репозиторий**, являющийся основой CASE-средства (хранение версий проекта и его отдельных компонентов, синхронизация поступления информации от различных разработчиков при групповой разработке, контроль метаданных на полноту и непротиворечивость);



- **графические средства анализа и проектирования** (создание и редактирование иерархически связанных диаграмм, образующих модели ИС);
- средства **разработки приложений** (включая языки 4GL и генераторы кодов);
- средства **конфигурационного управления**;
- средства **документирования**;
- средства **тестирования**;
- средства **управления проектом**;
- средства **реинжиниринга**.

Выбирая модель решения задачи, выбор пал на концепцию MDA (Model Driven Architecture, дословно переводится как “архитектура, управляемая моделью”), которая заключается в следующем:

- ✓ **самостоятельный** и обязательный этап разработки логики функционирования приложения (**бизнес-логики**). Разработка приложения должна **начинаться** с этапа **создания модели приложения**, которая определяет состав, структуру и поведение будущего программного продукта. Такая модель создается не на языке программирования, а посредством языка унифицированного моделирования (Unified Modelling Language, UML) и является **платформенно-независимой** (Platform Independent Model, **PIM**), то есть при ее создании разработчик полностью абстрагируется от особенностей конкретных программных и аппаратных средств реализации приложения;
- ✓ создаются одна или несколько **платформенно-зависимых моделей PSM** (Platform Specific Model), которые являются своеобразными адаптерами, обеспечивающими интеграцию PIM с одной или несколькими технологиями разработки программных продуктов. Т.е. выбираем одну или несколько платформ разработки и создаем соответствующий набор PSM-моделей;

- ✓ на основании PIM и PSM, на этапе **генерации кода** получаем приложение или базу данных, функционирующее на этих платформах. Генерация кода и баз данных осуществляется автоматически, посредством специальных инструментальных программных средств.

Как можно увидеть из выше сказанного, концепция MDA является интегрированным CASE-средством, которое поддерживает **полный ЖЦ ПО**.

Для проектирования была выбрана реализация MDA фирмой Bold.

Bold for Delphi, интегрируясь в Borland Delphi, предоставляет разработчику полный набор визуальных и не визуальных компонентов, достаточный для реализации объектного пространства (Object Space) приложения. Разработчик получает возможность работать не на уровне кода и таблиц БД, а на уровне объектов внутри этого объектного пространства.

Трехуровневая схема создания приложения:

- ✓ **бизнес-уровень** (на нем ведется разработка, графический интерфейс пользователя);
- ✓ **объектно-реляционное отображение и взаимодействие** (автоматическая, прозрачная для разработчика трансляция OCL в операторы SQL, выполнение операций с таблицами БД);
- ✓ **работает не только на этапе** разработки приложения, но и на этапе его **исполнения** (именно это качество позволяет называть Bold инструментом реализации MDA).

Итак, из этого следует, что Bold for Delphi является тем средством, который полностью поддерживает концепцию MDA, а значит и поддерживает полный ЖЦ ПО, что необходимо в автоматизации разработки информационных систем. Выводы:

1. CASE-средство предназначено для реализации только этапов проектирования и моделирования; Концепция MDA охватывает



- весь ЖЦ ПО (сохраняет модель приложения в исполняемом файле, на этапе выполнения приложения использует эту модель для управления бизнес-уровнем, для контроля целостности объектного пространства, для управления взаимодействием бизнес-уровня с уровнем данных и графическим интерфейсом).
2. Концепцию MDA реализует средство разработки ПО ИС Bold for Delphi.
  3. Использование Bold for Delphi является целесообразным и оптимальным вариантом для автоматизации разработки приложений и информационных систем.

## РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТНО-РЕЛЯЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PERL

Зубань С.А.

Одной из главных задач, стоящих перед разработчиком сложных интернет-систем является проектирование и работа с базой данных. В настоящее время наиболее распространёнными СУБД являются *реляционные базы данных*. Отличительной особенностью реляционной модели является минимальная избыточность при представлении данных (при правильном проектировании базы данных). Но реляционная модель имеет и ряд отрицательных характеристик. Одной из них является абсолютно разная структура представления данных в такой базе в сравнении с объектами объектно-ориентированного языка программирования, что делает задачу работы с базой данных довольно сложной.

Для решения этой проблемы существуют *объектно-реляционные преобразователи*, которые позволяют максимально абстрагироваться от того факта, что данные хранятся в реляционной базе данных и оперировать уже исключительно объектами объектно-ориентированного языка программирования.

Представляет интерес использование ОРП в многопользовательских интернет-приложениях, например, в системах дистанционного

обучения. К сожалению, с увеличением количества студентов и объема учебных материалов проявляется один из основных недостатков ОРП - низкая производительность, обусловленная дополнительными действиями по формированию реляционных запросов на основе объектной модели и по преобразованию полученных данных из реляционной в объектную модель. Задачей данной работы является разработка ОРП повышенного быстродействия с сохранением основной функциональности.

Один из возможных путей для повышения быстродействие ОРП является *кэширование полученных данных*, и не менее важным — *кэширование сформированных запросов*. Логично предположить, что большинство операций, выполняемых с базой данных практически одинаковы и все запросы можно разбить на максимально возможное число частей и хранить эти части в кэше. При повторном выполнении операции используется запрос хранящийся в кэше, что позволяет существенно сэкономить время работы преобразователя.

Главной сложностью в таком подходе является выбор метода кэширования, т.е. информации, на основе которой будет происходить разбиение SQL-запроса на части. В качестве ключа кэша в разрабатываемом преобразователе используется информация об объекте и выполняемом действии.

Сам кэш реализуется с помощью хеш-таблиц, которые являются встроенным типом данных языка perl и все операции с хешем выполняются за время  $O(1)$ , что делает эту структуру данных идеальной для представления кэша SQL-запросов.

### Литература

1. Tangram Orthogonal Persistence. - <http://www.tangram-persistence.org/>
2. <http://www.alzabo.org/>
3. Всемирная библиотека модулей для языка perl. - <http://www.perl.com/CPAN/>
4. Perl Object-Oriented Persistence - <http://poop.sourceforge.net/>



## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОКОМПАСА 1Г40

Мартыненко С.С.

Разработана математическая модель гирокомпаса с целью создания обучающей программы. Программа "Гирокомпас 1Г40" предназначена для изучения устройства и правил эксплуатации прибора. Кроме этого программа имитирует запуск гирокомпаса с целью обучения курсантов правильному использованию и изучения правил эксплуатации устройства.

Гирокомпас 1Г40 предназначен для определения азимута нормали к контрольному элементу гироблока, связанному конструктивно с базовой осью платформы, при работе на неподвижном относительно Земли основании. В основу принципа действия гирокомпаса положено свойство маятникового чувствительного элемента, содержащего гиromотор с горизонтальной осью собственного вращения, совершать процессионные колебания относительно вертикальной плоскости, совпадающей с направлением истинного меридиана. Особенность гирокомпаса 1Г40 состоит в том, что маятниковый чувствительный элемент не прецессирует к плоскости меридиана, а удерживается в отклоненном от плоскости истинного меридиана положении, согласованном с положением фотоэлектрического автоколлиматора. Метод определения азимута, принятый в Гирокомпасе 1Г40 называется компенсационным, поскольку направляющий момент, создаваемый угловой скоростью вращения Земли и маятниковым моментом гиروزла, компенсируется равным по величине и противоположным по направлению моментом, создаваемым датчиком моментов.

В целом, программа "Гирокомпас 1Г40" является базой для приобретения навыков работы с прибором и правил его эксплуатации.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ PALM OS ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ БАЗЫ ДАННЫХ ТОРГОВОГО АГЕНТА

Авдеев Д.А.

Существует несколько способов разработки приложений для операционной системы Palm.

Можно выбрать как язык программирования, так и среду разработки.

В первом случае, можно выбрать среди множества языков: Java, Basic, Forth, C/C++.... и широкий спектр инструментов от CodeWarrior до cbasPad, CASL, HotPaw... и так далее.

Но есть 3 причины выбрать язык C и компилятор GNU:

- 1 Они бесплатные
- 2 Документация Palm API написана, используя язык C.
- 3 Язык C позволяет писать высокоэффективные программы.

Чтобы создать простейшее приложение для Palm OS, и при этом сделать минимум финансовых затрат, необходимо иметь в своем запасе минимум 6 программ:

1 CygWin – бесплатный GNU-подобный Unix инструмент для различных платформ.

2 PilRC - компилятор ресурсов для платформы Palm.

3 PRC-tool – GCC инструмент Цепь для PalmOS. PRC обеспечивает M68k-palmos-xxx утилиты, используя gcc компилятор.

4 Palm SDK 3.5 – содержит все API для PalmOS, файлов заголовков, документацию.

5 Emulator – чтобы проверить оттранслированную прикладную программу (файл prc) прежде, чем приложение будет работать на реальной платформе.

6 Debugger – отладчик.

Но при таком подходе скорость создания и отладки приложений существенно снижается.

Во втором случае целесообразнее будет использовать среду разработки, так как существенно повышается скорость разработки приложе-



ний, а удобный графический интерфейс позволит с легкостью создавать удобный вид приложений.

Наиболее популярные из сред разработки:

- Falch.net Developer Studio for PalmOS;
- Pocket Studio Professional;
- Metrowerks Code Warrior For Palm OS Development.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ НА БАЗЕ 1С**

Гавриленко А.В.

Программные продукты на базе 1С — это программные приложения, обеспечивающие автоматизированный бухгалтерский учет деятельности предприятия. Средство разработки включает в себя: процедурный язык программирования, средство разработки интерфейса пользователя, инструмент создания макетов отчетов, универсальный механизм хранения информации. Одной из главных проблем при разработке пакетов программ на базе 1С является проблема сопровождения, что обусловлено областью применения (доработкам стандартных решений, внесение изменений в соответствии с изменениями в законодательство на базе). При этом возникает проблема отсутствия документирования, что усложняет и затягивает процесс разработки. Решением данной проблемы может стать документирование с помощью CASE — средств. Также данное решение устраняет проблему отсутствия проектирования приложения. Более ярко данная проблема проявляется при разработке приложения в течении длительного срока группой разработчиков.

Процесс написания приложений на базе 1С предприятия можно разбить на следующие этапы: начало — формирование требований, постановка задачи; развитие — доопределение функциональных требований, построение архитектурной основы, устранение основных рисков, подготовка плана проекта; конструирование — создание системы,

способной функционировать в условиях испытаний, воспроизводящих условия потребителя; передача – передача полностью функционирующей системы потребителю; сопровождение – расширение возможности системы, изменение принципа работы в соответствии с изменениями в законодательстве, как правило включает в себя четыре предыдущих этапа.

После анализа существующих CASE средств и требований которые представляет процесс разработки приложений на базе ІС, было принято решение, что наиболее полную поддержку документирования представляет язык проектирования UML, а следовательно CASE средства построенные на базе UML.

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНТЕЙНЕРІВ КЛАСІВ РОЗПІЗНАВАННЯ В РАДІАЛЬНОМУ БАЗИСІ

Кривенко В.Б.

У рамках інформаційно-екстремального методу функціонально-статистичних випробувань (МФСВ) [1] розглядається постановка та розв'язання задачі навчання системи розпізнавання (СР).

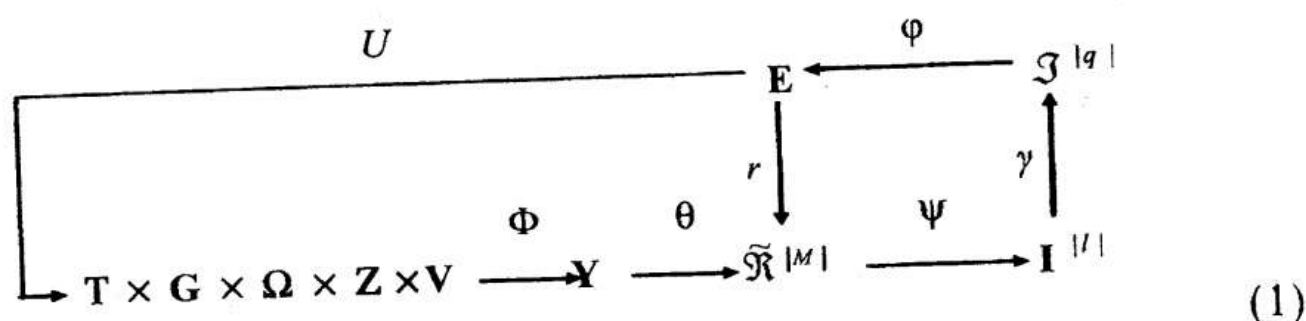
Нехай ефективність навчання розпізнаванню реалізацій класу  $X_m^0$ ,  $m = \overline{1, M}$ , характеризується значенням  $E_m$  критерію функціональної ефективності (КФЕ). Відома навчальна матриця  $\|y_{m,i}^{(j)}\|$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , де  $N, n$  – кількість ознак розпізнавання і випробувань відповідно. Треба для геометричних параметрів контейнера  $K_m^0$  класу  $X_m^0$ , для яких відомі обмеження, знайти екстремальні значення, які забезпечують максимум критерію функціональної ефективності (КФЕ) навчання СР:  $E_{\max}^* = \max_{\{d\}} E_m$ , де  $\{d\}$  – множина кроків навчання. При цьому оптимальне значення радіуса контейнера визначається як  $d_1^* = \arg \max_{G_E} E_1^*$ , де  $G_E$  – область значень КФЕ.

Математична модель вхідного математичного опис СР подамо у вигляді теоретико-множинної структури:

$$\Delta_B = \langle G, T, \Omega, Z, V, Y, \Pi, \Phi \rangle,$$

де  $G$  – простір вхідних сигналів (факторів), які діють на СР;  $T$  – множина моментів часу зняття інформації;  $\Omega$  – простір ознак розпізнавання;  $Z$  – простір станів;  $V$  – множина вирішальних правил;  $Y$  – вибіркова множина на вході СР;  $\Pi: G \times T \times \Omega \rightarrow Z$  – оператор переходів,  $\Phi: G \times T \times \Omega \rightarrow Y$  оператор формування множини  $Y$ .

Структурна діаграма процесу навчання за МФСВ для випадку нечіткого розбиття  $\mathfrak{R}^{|M|}$  простору ознак на класи має вигляд



У діаграмі (1)  $\mathfrak{I}^{|l|}$  – множина статистичних гіпотез,  $\mathfrak{S}^{|q|}$  – множина точнісних характеристик (ТХ), де  $q = l^2$  – кількість ТХ. Оператор  $\varphi$  обчислює множину значень інформаційного КФЕ, який є функціоналом ТХ. Контур оптимізації розбиття  $\mathfrak{R}^{|M|}$  шляхом пошуку максимуму КФЕ навчання розпізнаванню реалізацій класу  $X_{mn}^0$  замикається оператором  $r: E \rightarrow \mathfrak{R}^{|M|}$ . Оператор  $U$ : регламентує процес навчання.

Як критерій оптимізації розглядалась модифікація критерію Кульбака для двохальтернативної системи оцінок процесу навчання при рівномірних апріорних гіпотезах [1]:

$$\begin{aligned}
 E_{mn} &= 0,5 \log_2 \left( \frac{D_1^{(k)} + D_2^{(k)}}{\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}} \right) \cdot \left[ (D_1^{(k)} + D_2^{(k)}) - (\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}) \right] = \\
 &= \log_2 \left( \frac{2 - (\alpha^{(k)} + \beta^{(k)})}{\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}} \right) \cdot \left[ 1 - (\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}) \right]
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

де  $D_1^{(k)}$ ,  $D_2^{(k)}$ ,  $\alpha^{(k)}$ ,  $\beta^{(k)}$  – ТХ процесу навчання: перша та друга достовірності, помилки першого та другого роду відповідно, отримані на  $k$ -му кроці навчання.

Реалізацію алгоритму оптимізації контейнера  $K_1^0$  розглянуто на при-



кладі розпізнавання морфологічних зображень тканини, отриманих в процесі біопсії при діагностуванні раку молочної залози. На рис. 1 показано залежність критерію (2) від радіуса контейнера  $K_1^0$  класу  $X_1^0$ , який характеризує фіброаденому.

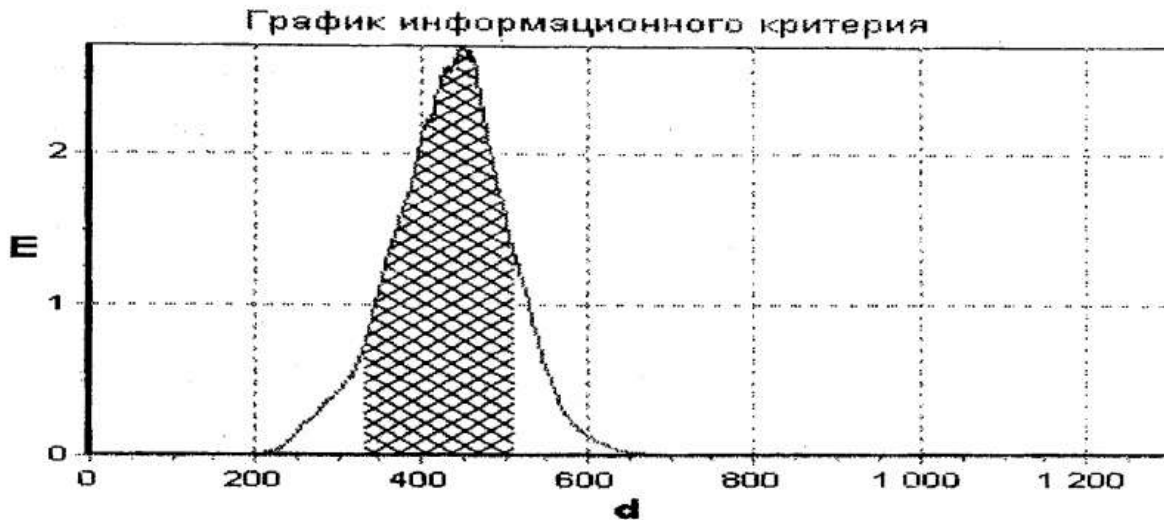


Рис. 1

На рис. 1 оптимальне значення радіуса контейнера класу  $X_1^0$  дорівнює 445 кодівим одиницям, що відповідає глобальному максимуму КФЕ в робочій області визначення його функції (заштрихована ділянка графіку).

#### Література

1. Краснополюсовський А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статистичних випробувань. Суми: Видавництво СумДУ, 2004. 261 с.

## ІЄРАРХІЧНИЙ АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА МЕТОДОМ ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ

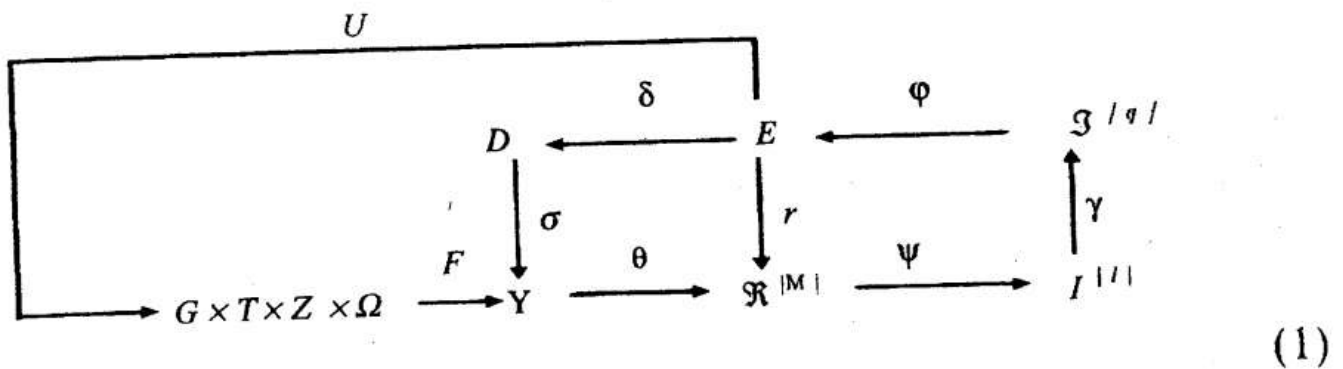
Козинець А.В.

У задачах розпізнавання образів важливого значення набуває зменшення обчислювальної трудомісткості алгоритму навчання. Одним з ефективних методів такого зменшення є ієрархічний метод. Розглянемо

ієрархічний алгоритм навчання системи розпізнавання (СР) у рамках інформаційно-екстремального методу функціонально-статистичних випробувань [1].

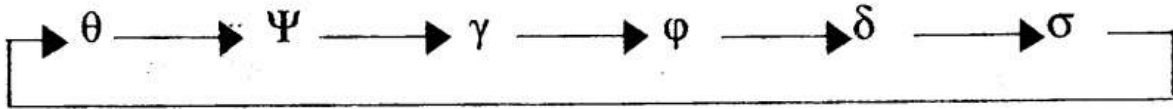
Нехай ефективність навчання розпізнаванню реалізацій класу  $X_1^0$  характеризується значенням  $E_1$  критерію функціональної ефективності (КФЕ). Відома навчальна матриця  $\|y_{m,i}^{(j)}\|$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , де  $N, n$  – кількість ознак розпізнавання (ОР) і випробувань відповідно. Треба для структурованого вектора параметрів функціонування системи  $g_m = \langle g_{m,1}, \dots, g_{m,q}, \dots, g_{m,Q} \rangle$  з обмеженнями  $R_q(g_1, \dots, g_Q) \leq 0$  шляхом пошуку глобального максимуму КФЕ  $E_1^*$  знайти оптимальні значення контрольних допусків  $\{\delta_{K,i}^* | i = \overline{1, N}\} = \arg E_1^*$ , де  $G_{\text{доп}}$  – об-

ласть визначення контрольних допусків на ОР. Математичну модель оптимізації контрольних допусків на ОР подамо у вигляді діаграми відображень множин:



Тут універсам випробувань задається декартовим добутком  $G \times T \times Z \times \Omega$ , де  $G$ -множина сигналів на вході СР;  $T$ -множина моментів зчитування інформації з рецепторів;  $Z$ -множина можливих станів ІСУ;  $\Omega$ -простір ОР. Оператор виходу  $F: G \times T \times Z \times \Omega \rightarrow Y$  формує на вході класифікатора вибірккову множину  $Y$ , яка утворює навчальну матрицю  $\|y_{m,i}^{(j)}\|$ . Оператор  $\theta: Y \rightarrow \mathbb{R}^{|M|}$  будує нечітке розбиття  $\mathbb{R}^{|M|}$ , а оператор  $\Psi: \mathbb{R}^{|M|} \rightarrow I^{|l|}$  перевіряє основну статистичну гіпотезу  $\gamma_1: y_{m,i}^{(j)} \in X_m^0$ , де  $I^{|l|}$ -множина гіпотез. Оператор  $\gamma$  визначає множину точнісних характеристик (ТХ)  $\mathfrak{Z}^{|q|}$ , де  $q = l^2$  – кількість ТХ, а оператор  $\varphi$  обчислює множину  $E$  значень інформаційного критерію оптимізації, який є функ-

ціоналом ТХ. Оператор  $r$  корегує розбиття  $\mathbb{R}^{|M|}$  залежно від значень критерію. Оптимізація контрольних допусків здійснюється за ітераційною процедурою, в якій задіяно оператори



Алгоритм паралельної оптимізації поля контрольних допусків на ОР приймає вигляд

$$\{\delta_{k,i}^*\} = \langle \arg\{\max_{G_{\delta_i}}\{\max_{G_{d_1}} E_1\}\} \rangle, \quad i = \overline{1, N} \quad (2)$$

де  $G_{\delta_i}, G_{d_1}$  – області допустимих значень поля контрольних допусків для ОР і кодової відстані  $d_1$  – радіуса контейнера класу  $X_1^0$ , який характеризує рак молочної залози, відповідно. Алгоритм (2) реалізовано для розпізнавання морфологічних зображень тканин, узятих при біопсії. На рис 1 показано залежність критерію за Кульбаком від параметру поля допусків  $\delta$  на ОР (рис.1а) і радіуса контейнера класу  $X_1^0$  (рис. 1б).

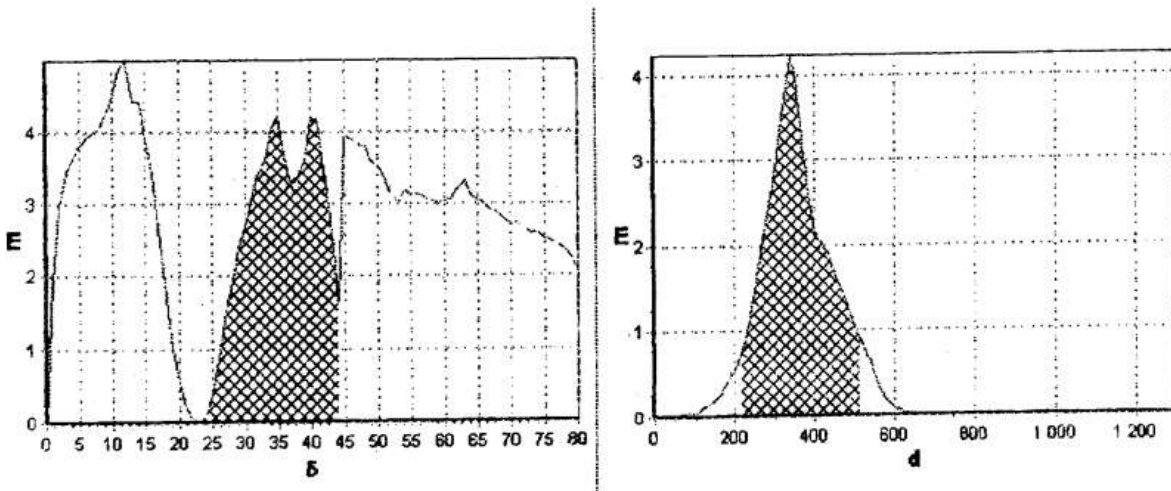


Рис. 1

На рис. 1 заштриховані ділянки – області визначення функції КФЕ.

Таким чином, оптимальними значеннями є  $\delta^* = 34$  і радіус контейнера класу  $X_1^*$  –  $d_1^* = 340$  кодових одиниць при достовірності розпізнавання 0,937 і помилці другого роду 0,009.



## Література

1. Краснополюсовський А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статистичних випробувань. Суми: Видавництво СумДУ, 2004. 261 с.

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМА “ПРОТАЛКИВАНИЕ ПРЕДПОТОКА”

Слабко М. А., Маслова З.И.

В связи с тем, что в Украине стоит вопрос о налаживании новых экономических связей, поставщиков сырья и продукции, важной является задача анализа существующей системы транспортировки по территории страны. В большинстве случаев это сводится к решению задачи о нахождении максимального потока через транспортную сеть.

Наиболее распространенным методом решения этой задачи является метод Форда — Фалкерсона. Для компьютерной реализации этого метода разработаны специальные алгоритмы.

Данная работа посвящена анализу метода Форда — Фалкерсона и его компьютерной реализации при помощи алгоритма “проталкивание предпотока”.

Алгоритм “проталкивание предпотока” является наиболее используемым в задачах о нахождении максимального потока в транспортной сети (также он применим и в задачах о потоке наименьшей стоимости).

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.

В каждой вершине  $u$  (кроме истока  $s$ ) есть некоторый неотрицательный избыток  $e(u)$ , равный потоку между вершинами  $u, v$ :

$$e(u) = f(v, u)$$

В алгоритме избыток вещества в каждой вершине “сливается”. Важную роль играет целочисленный параметр, называемый высотой верши-

ны (во время работы алгоритма вершина может “подниматься вверх”). Высота вершины определяет, куда мы хотим направить избыток.

Алгоритм “проталкивание предпотока” использует две основные операции: проталкивание потока из  $u$  в  $v$ , и подъем вершины.

Пусть  $G = (V, E)$  сеть с истоком  $s$  и стоком  $t$ ,  $f$  – предпоток в  $G$ , где  $V$  – множество вершин,  $E$  – множество ребер. Функция  $h$  называется *высотной функцией* для предпотока  $f$ , если

$$h(s) = |V|, h(t) = 0 \text{ и } h(u) \leq h(v) + 1.$$

1. 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)  $h(u) = h(v) + 1$ .

Увеличение потока из  $u$  в  $v$  ограничено избытком вещества в  $u$  пропускной способностью ребра  $(u, v)$ .

2. 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 полнить проталкивание (но нельзя выполнить подъем) и, наоборот.

В результате анализа данного алгоритма можно сделать вывод о том, что его достоинствами являются сокращение времени решения задачи за счет нахождения максимума на основе локальных оптимумов и начальный поток берется равным пропускной способности первого разреза.

## КЛАССИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ФОРДА – ФАЛКЕРСОНА

Головко В.В., Маслова З.И.

Известно несколько алгоритмов реализации метода Форда – Фалкерсона отыскания максимального потока, отличающихся временем их работы. Наиболее быстрым алгоритмом является алгоритм “проталкивания предпотока”, но он одновременно является и наиболее сложным

в реализации. Более прост в этом отношении классический алгоритм Форда – Фалкерсона. Скорость его работы уступает скорости работы предыдущего алгоритма, но для графов с количеством вершин до нескольких сотен это обстоятельство можно не учитывать, так что простота его реализации является весьма существенным критерием выбора этого алгоритма для решения поставленной задачи. По классическому алгоритму Форда – Фалкерсона на каждом шаге его работы ищется произвольный дополняющий путь  $p$  и поток  $f$  увеличивается на величину  $c_f(p)$  остаточной пропускной способности по пути  $p$ . Шаги выполняются до тех пор, пока существуют дополняющие пути.

Этот алгоритм и был положен в основу программы (реализация на Visual C++ 6.0), которая находит максимальный поток для произвольно заданной сети. Вся работа с графом (сетью) реализована в классе *EGraph*, функции-члены которого сгруппированы по выполняемым действиям: задание графа; нахождение максимального потока; вывод графа на экран; служебные функции. Представление графа хранится в виде двух массивов – массива вершин и массива рёбер. Вершины описывает структура *\_VERTEX*, а ребра – структура *\_EDGE*.

Алгоритм Форда – Фалкерсона реализован функцией *FordFalkerson*, которая в свою очередь вызывает функцию *FindAugmentingPath*, отыскивающую дополняющие пути. Пути находятся с помощью так называемого поиска с возвратом. Для запоминания пройденных вершин и рёбер используются стеки. Выбор рёбер, соответствующей текущей вершине, а также их отсеивание производится совместной работой функции-члена *EnumEdges* и функции обратного вызова *SelectEdgeProc*. Последняя, кроме того, ведёт подсчёт остаточной пропускной способности пути; определяет текущее направление рассматриваемого ребра; производит сокращение встречных потоков, а также занимается установкой специальных статусов вершин и рёбер.



## ЕВОЛЮЦІЯ СТОХАСТИЧНОЇ СИСТЕМИ В РАМКАХ НЕЛІНІЙНОЇ КІНЕТИКИ

Харченко В.О., Харченко Д.О.

В роботі розглянуто теоретичний підхід, що дозволяє подати систему, яка підпорядковується нелінійній кінетиці. Математичну основу такого підходу складає нелінійне рівняння Фоккера-Планка для функції розподілу, в рамках якого можливим стає опис системи за статистикою Больцмана, неадитивною статистикою Цалліса [1] та парастатистикою Каніадакіса [2]. Метою роботи є встановлення еволюційних законів, основних статистичних характеристик такої системи, які зводяться до середнього від стохастичної змінної (параметр порядку), дисперсії (одночасового корелятора) та кореляційної функції (функції Гріна).

Грунтуючись на нелінійному рівнянні функції розподілу побудовано систему еволюційних рівнянь параметра порядку, автокорелятора та гріновської функції. В роботі досліджено як стаціонарні випадки поведінки системи, так і відповідні часові залежності для моделі системи з потенціалом Ландау типу  $x^4$  та адитивним шумом. Виявлено, що в рамках статистики Цалліса з параметром не адитивності  $q$  система може зазнавати індуковані шумом переходи першого роду, які набувають реверсивного характеру. На основі побудованих біфуркаційних та фазових діаграм з'ясовано, що упорядкована фаза реалізується лише в певних областях параметра  $q$ . Методом фазової площини досліджено кінетику системи, де виявлено часову поведінку основних статистичних мод. Okремо розглянуто поведінку неупорядкованої та упорядкованої системи. З'ясовано, що система може перебувати деякий час у метастабільному стані, який відображається наявністю сідлової точки на фазовій площині параметра порядку – автокорелятор. Показано, що наявність кореляції дозволяє системі зазнавати переходів першого роду, а нелінійність кінетики системи є джерелом реверсивності переходів.

В роботі окремо досліджено вплив мультиплікативного шуму на скелінгові характеристики статистичних моментів. В рамках наближення самоафінності показано, що показник Герста, який пов'язаний із внутрішньою фрактальною вимірністю фазового простору системи стає

залежним від параметра неадитивності  $q$  та динамічною характеристикою мультиплікативного шуму.

Одержані результати узагальнюють існуючі теоретичні дані систем з аномальною поведінкою [3,4] та показують можливість керування динамікою системи, що описується узагальненою статистикою. Результати роботи можуть бути застосовані до опису систем із самоорганізованою критичністю (динаміка сипких і пористих середовищ) та процесів з аномальною дифузиею (вибухова кристалізація, фінансові крахи).

[1] С. Tsallis, J.Stat.Phys., 52, 479 (1988).

[2] G.Kaniadakis, Phys.Lett.A, 288, 283 (2001).

[3] D.Kharchenko, FNL, 2, N4, L273 (2002).

[4] О.І.Олемской, Д.О.Харченко, Журн.Фіз.Досл., 7, 1 (2003).

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ІНВЕСТИЦІЯМИ

Костюченко О.В., Коваль Р.О., Стеценко Л.О.

Комп'ютерні технології, проникаючи практично в усі сфери діяльності, використовуються при розв'язанні задач інвестування.

В даний час існує ряд пакетів прикладних програм, які застосовуються при розв'язанні даного типу задач.

Розв'язання проблем погашення кредитів, узгодження технічних параметрів вексельного обігу, оцінки акцій вирішується за допомогою табличного процесора EXCEL.

Кредит — позичка в грошовій або товарній формі на умовах повернення, що надається, юридичною або фізичною особою — кредитором (кредитною установою), іншій юридичній або фізичній особі — позичальнику. Інвестиційні кредити розрізняються за ознаками, класифікація яких приведена в табл.1.

Банківське кредитування здійснюється в формах термінового, контокорентного, онкольного, облікового, акцептного кредитів, факторингу і форфейтингу.

У темі "Вексельний обіг" розглядаються технічні методи узгодження інтересів учасників форфейтингової операції.

Класифікаційна ознака	Основні типи кредитів
За типом кредиту	Іноземний, Державний, Муніципальний, Банківський, Комерційний
За формою надання	Товарний, Фінансовий
За метою надання	Інвестиційний, Іпотечний, Митний, Податковий
За терміном дії	Довгостроковий, Короткостроковий.

Мета продавця — реалізувати товар і одержати після обліку векселів суму, рівну ціні товару, узгодженої з покупцем.

Мета покупця — придбати товар з мінімальними витратами.

Мета банку — одержання дисконтного прибутку від обліку векселів.

Це досягається шляхом регулювання декількох параметрів вексельного обігу: вартості товару ( $P$ ); кредитної річної процентної ставки ( $i$ ); річної дисконтної ставки ( $d$ ); кількості виданих векселів.

Номінальна сума, яку покупець вказує на кожному векселі ( $Vt$ ), складається з двох частин: суми, що забезпечує погашення основного боргу (вартість товару) і відсотків за кредит. Відсотки за кредит можуть визначатися дwoяко:

а) відсотки нараховуються на залишок заборгованості, тобто з моменту погашення попереднього векселя;

б) відсотки нараховуються на суму боргу, включену у вексель, із моменту початку угоди до моменту погашення векселя.

*Ринкова ціна акцій* визначається різноманітними чинниками — довірою до акціонерного товариства — емітента акції, прогнозними оцінками економічного розвитку емітента, рівнем ринкового позичкового відсотка та ін. Проте, найістотнішим чинником, що впливає на ринкову ціну акцій, прийнято вважати очікуваний розмір виплат по дивідендах.

Основними при оцінці вартості акцій є моделі дисконтованих дивідендів. Їх економічний зміст полягає у визначенні вартості акції як сумарної сьогоднішньої вартості дивідендів або по-іншому, — *приведеної* вартості потоку *майбутніх* прибутків, що даний актив забезпечує його власнику. Отже, для того, щоб визначити вартість акції, необхідно розрахувати сумарну сьогоднішню вартість дивідендів, які будуть виплачені



по ній. При цьому ставка дисконту повинна відображати прибутковість альтернативних напрямків вкладення фінансових ресурсів із порівнюваним ступенем ризику.

Можливість ефективного практичного застосування моделей дисконтованих дивідендів залежить від вирішення таких проблем:

- яким чином прогнозувати очікувані значення майбутніх дивідендів?
- як визначити ступінь ризику і відповідну йому альтернативну ставку прибутковості?

Точно вирішити ці задачі достатньо складно. Можливі лише більш-менш точні прогнозні оцінки, визначення яких, базується на тих або інших припущеннях і залежить від достовірності вихідної інформації.

## PHASE TRANSITIONS INDUCED BY NOISE CROSS-CORRELATIONS

Kharchenko D.O. , Knyaz' I.A. , Olemskoi A.I.

A general approach to consider spatially extended stochastic systems with correlations between additive and multiplicative noises subject to non-linear damping is developed. Within modified cumulant expansion method, we derive an effective Fokker-Planck equation whose stationary solutions describe a character of ordered state. We find that fluctuation cross-correlations lead to a symmetry breaking of the distribution function even in the case of the zero-dimensional system. In general case, continuous, discontinuous and reentrant noise induced phase transitions take place. It is appeared the cross-correlations play a role of bias field which can induce a chain of phase transitions being different in nature. Within mean field approach, we give an intuitive explanation of the system behavior through an effective potential of thermodynamic type. This potential is written in the form of an expansion with coefficients defined by temperature, intensity of spatial coupling, auto- and cross-correlation times and intensities of both additive and multiplicative noises.

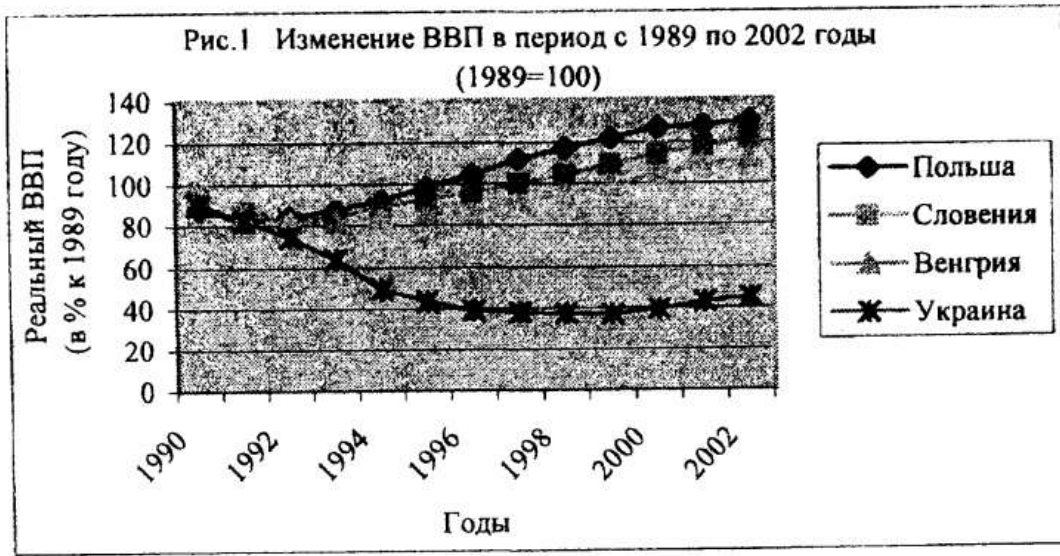
Obtained results can be applied to a consideration of the complex systems which are far-off-equilibrium and hold several collective degrees of freedom. A typical example of such type takes place in solid state physics where a reentrant metastable phase can appear if the matrix phase relates to random ensemble of defects of different dimensions subject to the field of plastic flow (driven dislocation-vacancy ensemble). Here, in the course of plastic flow different defect structures alternate one another according to picture of the first order phase transition. Moreover, structural reorientation transitions take place where the sign of the order parameter is related to the resulting direction of the Burgers vectors of dislocation cluster. One more example of above studied behavior gives reentrant glass transition in colloid-polymer mixtures.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗВИТИЯ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВЭД) СТРАН С ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКОЙ**

Хайлук С.А., Назаренко А.М.

Полноценное функционирование экономики ни одного государства не может осуществляться без развитой системы внешнеэкономических связей. Экономика Украины на этапе ее трансформации является недостаточно защищенной и зависимой от мировой конъюнктуры, критического импорта, внешних инвестиций и кредитов. Если наше государство поставило себе целью стать экономически и политически независимым, то первоочередным условием этого есть выход и закрепление Украины на внешнеэкономической арене. Природно стоит вопрос о формировании у зарубежных партнеров привлекательного имиджа нашего государства. Такой имидж может быть сформирован лишь при условиях соблюдения субъектами хозяйствования тех правил и норм, которые существуют в мировой практике внешнеэкономических отношений.

По результатам исследований немецких ученых в 1991 году Украина была первой среди бывших республик СССР по уровню ее готовности как современного европейского государства участвовать во всех процессах мировой экономики. Почему страны Центральной и Восточной



Европы, Балтии перегнали страны СНГ (рис.1)? Каковы были ошибки и каков дальнейший путь развития ВЭД Украины? Все эти важные вопросы можно рассмотреть, используя построенную математическую модель развития страны с переходной экономикой. Главное внимание в работе уделено моделированию ВЭД Украины и стран с переходной экономикой в Европе, которые, на мой взгляд, на данный момент достигли наилучших результатов, Венгрия, Польша, Словения. Сравнительный анализ показал следующие проблемы: недостаточные объемы привлечения и нецелевое использование прямых иностранных инвестиций в Украине, неблагоприятная для экономики нашей страны структура внешнеторговых операций и другие.

Для решения поставленной задачи были построены модели различных зависимостей и проведены их корреляционный и регрессионный анализы. Делался вывод об адекватности данных моделей и на основании полученных результатов проводился анализ развития ВЭД Украины как страны с переходной экономикой.

## ПРЕЗЕНТАЦІЯ ПІДРУЧНИКА "РОБОТА В СЕРЕДОВИЩІ MICROSOFT WORD"

Гвоздецька А.А., Стеценко Л.А.

Сучасні комп'ютерні технології впроваджуються у всі сфери жит-



тя. Використання сучасних програм потребує навичок. Для полегшення здобуття знань необхідна наявність методичних розробок, бажано електронних підручників. Існує багато програмних пакетів, які дозволяють створювати такі технології. Одним з них є Power Point фірми MicroSoft

Особливістю електронних підручників є те, що користувач може самостійно, без допомоги кваліфікованого спеціаліста опанувати певний розділ, що поданий для навчання.

Дана презентація містить основні розділи для успішного вивчення принципів роботи у програмному середовищі Word. Однією з переваг роботи є конкретність, компактність і логічність. Таким чином викладач може сміливо довірити учням надійного помічника.

“Електронний підручник по роботі з Word” створений за допомогою прикладної програми Microsoft Power Point.

При створенні підручника враховувалася певна ідея: зробити його доступним кожному користувачеві, в незалежності від уже набутих знань та застосовувати як при вивченні нового матеріалу, так і для загального повторення.

Підручник містить головні структурні елементи робочого вікна:

- 1) інформаційна частина (пояснення по даній темі);
- 2) зміст структури;
- 3) кнопки переходу.

“Електронний підручник” складається усього з 95 слайдів, 8 розділів, 38 підрозділів з теми Microsoft Word.

Деякі пункти розміщені на декількох слайдах. Потрапивши на перший слайд підрозділу, користувач повинен впевнитися чи не має більше матеріалу по заданій темі. Перехід на наступний слайд здійснюється за допомогою кнопок.

Представлення йде у вигляді слайдів, які змінюються по-різному при натисненні відповідних клавіш: назад, вперед, на перший слайд, на останній слайд. Далі при виборі необхідного пункту з'являється вікно, яке також має ці кнопки, але й додатково з лівого боку - зміст даної програми. Натиснувши на будь-який із цих пунктів, користувач потрапить у відповідне діалогове вікно, де вже потім обере для себе тему саме з цього розділу. Це надає програмі зручності в користуванні, наочності.

Кожний слайд має певну інформацію, яка може бути представлена по-різному: у вигляді звичайного тексту з додаванням невеликих малюнків, тексту і таблиць, тексту і графічних зображень, що дає змогу впевнитися власноруч у тільки що здобутих знаннях.

*Дана презентація створена з такою метою:*

- навчитися здобувати знання з предмету за допомогою комп'ютерної техніки;
- систематизувати та повторити уже набуті знання;
- полегшити роботу користувача.

*Застосування "Електронного підручника":*

- у загальноосвітніх школах під час вивчення даного предмету (а саме розділу Microsoft Word);
- у вищих навчальних закладах для поглибленого вивчення основ роботи з текстовим редактором Microsoft Word;
- на підприємствах (фірмах, заводах, учбових закладах) для надання працівникам можливості досконало володіти найнеобхіднішою комп'ютерною програмою;
- для власного користування вдома.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ВИРІШЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ З РОЗДІЛУ МЕХАНІКА НА МОВІ С**

Петренко М.О., Базиль О.О.

Для виконання завдання ми класифікувати задачі з розглядуваного розділу. Розглянуто такі підрозділи:

1. Кінематика;
2. Динаміка;
3. Сила, робота, енергія. Закон збереження енергії;
4. Механіка твердого тіла;

### 5. Гідродинаміка.

Після класифікації задач з розділу механіка було проаналізовано кожен підрозділ, вибрано основні типи задач та розв'язано їх. Після виконання вище зазначених дій можна приступати до реалізації нашого задуму на мові С. При безпосередній реалізації даної задачі на мові програмування було розбито весь проект на декілька файлів таким чином:

1. Графічне зображення програми у вигляді блок-схеми.
2. В файлі main.cpp описати головну функцію main (); та розмістити в ній оператори, що відповідають за вивід на екран головного меню програми та виклик функцій, що відповідають за безпосереднє вирішення задач.
3. Зазначені функції із відповідних розділів розмістити у відповідних файлах (наприклад: kinematyka.cpp, dunamika.cpp і т.д.).
4. У файлі glob.cpp визначити константи (такі як  $g = 8.91$ ) і описати глобальні змінні.
5. Всі додаткові файли підключити до головного (main.cpp) за допомогою директив препроцесора - #include "glob.cpp" і т.д.

## **КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НУЖНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ**

Пятаченко В., Базыль Е.А.

Наиболее эффективными являются методы обработки поверхности материалов концентрированными потоками энергии, которые приводят к структурно-фазовым превращениям и изменением многих свойств (микротвёрдость, износостойкость, коррозионная стойкость) металлов.

Данная работа представляет собой модель, описывающую формирование приповерхностного слоя металла с выделениями новой фазы,



т.е. процесс, который может лежать в основе одного из возможных механизмов упрочнения при ионной имплантации.

Рассмотрен процесс роста приповерхностного слоя с образованием сферических выделений новой фазы на равномерно распределённых объёмных дефектах конечных размеров при достаточно длительном "горячем" легировании до концентраций, превышающих предел растворимости.

Формирование дисперсных выделений являются одним из сильных механизмов упрочнения в связи с вносимыми напряжениями структуры и во многих случаях с высокими прочностными свойствами самих выделений новой фазы (окислов, боридов, нитридов и т.д.).

Распыление позволяет удалять даже очень сильно связанные поверхностные слои, осуществляя контроль практически на атомном уровне при боковом пространственном разрешении менее 1 мкм, если обеспечить хорошую фокусировку или коллимацию ионного пучка.

Первично выбитый атом отдачи, обладая достаточно большой энергией, может инициировать развитие целого каскада столкновений, сопровождающегося смещением большого числа атомов матрицы.

Возбуждённое состояние микрообласти каскада обуславливает развитие стадии спонтанной рекомбинации каскада, в которой протекают процессы многочастичного взаимодействия.

Результат работы программы позволяет, введя исходные данные получить предполагаемые вторичные фазы, определить толщину распыленного слоя, определить развитие каскада столкновений.

## **О КОРРЕКТНОСТИ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ В СПЕКТРОЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Швец У.С., Карпуша В.Д.

Эллипсометрический метод исследования находит широкое применение как неразрушающий метод контроля в самых различных отраслях знаний. Например, спектральная эллипсометрия широко используется для контроля и анализа состава приповерхностных слоев материалов. Однако интерпретация полученных данных в значительной степени

зависит от полноты построения модели отражающей поверхности, учитывающей различные особенности ее атомно-электронной структуры. Методика определения параметров отражающей системы на основе эллипсометрических измерений неизбежно предполагает решение обратной задачи. Как известно, наиболее часто в случае обратных задач нарушается условие устойчивости решения: малым возмущениям исходных данных могут соответствовать сколь угодно большие возмущения решения. Вопрос о корректной интерпретации эллипсометрических измерений остается одним из важнейших вопросов, определяющим не только точность и достоверность полученной информации, но и в итоге дальнейшее распространение этого метода.

В настоящей работе методом спектральной эллипсометрии исследованы поверхностные слои аморфных металлических сплавов  $Fe_{80}PM_5V_{15}$  ( $PM = Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni$ ), полученные методом спиннингования расплава. Для модели "тонкая однородная пленка – однородная подложка" путем решения обратной задачи эллипсометрии были определены характеристики приповерхностных слоев сплавов с разным ПМ. При построении и реализации расчетной модели использовалось основное уравнение эллипсометрии. Проведенный анализ решения предложенной математической модели обратной задачи эллипсометрии на устойчивость путем отклонения начальных входных параметров на  $\pm 5\%$ , свидетельствует об устойчивости расчетных параметров. Выбранные отклонения входных параметров соответствуют экспериментальным погрешностям эллипсометрических измерений. Подробно исследовался характер поведения целевого функционала в окрестности области возможного решения. Анализ полученные данных подтверждает применимость и корректность предложенной математической модели обратной задачи.

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ WebMoney**

Дем'яненко А.В., Забарний В.Ю., Мірошніченко С.Н., Андреевко В.І.

На сьогодні електронні гроші різних платіжних систем стають мало не загальноприйнятим способом розрахунку в OnLine. Кожен день че-

рез електронні рахунки великих фірм та звичайних користувачів проходять сотні тисяч доларів: купується устаткування, автомобілі, здаються в аренду приміщення і т.д. Не кажучи вже про операції в мережі, такі як парковка домену чи оплата хостінгу.

Прикладом роботи з електронними рахунками є система WebMoney, яка має багато переваг. Виконання операцій, які забезпечує система, відбуваються за лічені секунди. За послуги купівлі-продажу товарів і послуг в системі WebMoney клієнти сплачують мізерну комісію (0,8%).

Для того, щоб користуватися послугами системи електронних платежів WebMoney Transfer, треба спочатку зареєструватися та завести так званий гаманець. Для цього потрібно встановити на свій комп'ютер спеціальну програму WebMoney Keeper, за допомогою якої і будуть здійснюватися всі операції. Її можна безкоштовно встановити із офіційного сайту WebMoney.

Для ведення операцій в системі WebMoney потрібно мати хоча б один із чотирьох спеціальних електронних гаманців (R, Z, E або U). В залежності від типу гаманця WebMoney еквівалентні російським карбованцям, доларам США, євро чи українським гривням відповідно.

Важливим моментом є безпека особистого рахунку. Отримати доступ до серверу WebMoney чи перехопити дані під час трансакцій неможливо. Сама програма стійка до спроб несанкціонованого доступу. Використовується декілька алгоритмів кодування інформації по доступу до системи, реалізовано зберігання ключів на смарт — карті і у файлах великого обсягу (такі файли важче скопіювати). Користувач WebMoney може відчувати себе спокійно, якщо тільки він сам не пустить на свій комп'ютер вірус.

## **МНОГОСЛОЙНАЯ МОДЕЛЬ АМОΡФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ В ОПТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Топоривская Я.С., Карпуша В.Д.

Приповерхностные слои аморфных металлических сплавов (АМС) обладают существенной атомной и структурной неоднородностью. Пред-



полагается, что в них помимо элементов свободного объема атомного уровня должны быть и значительно более крупные микронеоднородности и разнообразные структурные изменения на стадии начальной релаксации: свободный объем, возникновение геометрического ближнего порядка, установление химического ближнего порядка. Определение параметров таких неоднородностей является достаточно сложной и актуальной задачей, так как они могут оказывать существенное влияние на физико-механические свойства АМС.

Рассматривается модель структурно-неоднородного приповерхностного слоя, позволяющая построить многослойную оптическую модель с заданными параметрами системы в целом. В основе подхода лежит представление о композиционном материале как структурно-неоднородной многофазной системе, оптические свойства которой остаются постоянными в пределах малых толщин субслоев. Моделирование оптических свойств приповерхностного слоя проводилось на основе данных спектральной эллипсометрии.

Численно генерируется модельная структура, обладающая набором заданных характеристик, к которым относятся число субслоев, варьируемые значения оптических параметров и толщин субслоев. В пределах модельной структуры формируется выборка систем с параметрами, для которых оптический отклик системы наиболее приближен к заданному. Выбор осуществляется по минимальному среднеквадратическому отклонению.

Модель, развитая в данной работе, позволяет осуществлять подбор параметров слоистых структур АМС с учетом априорной информации о системе в целом. Если параметры слоев заданы, появляется возможность, используя модель, оптимизировать толщины слоев и их число. Однако критерии такой оптимизации пока остаются достаточно субъективными, поскольку отсутствуют обобщающие сведения о конкретных свойствах АМС, позволяющие количественно характеризовать оптические свойства.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ P- И SV- ВОЛН С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ

Ложкин А.М., Назаренко А.М.

Рассматривается действие на периодическую систему цилиндрических полых включений монохроматических волн расширения-сжатия или сдвига.

В случае установившихся волновых движений упругого тела в условиях плоской деформации амплитудные значения перемещений  $U_1$  и  $U_2$  удовлетворяют соотношениям

$$\begin{aligned} (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 U_1}{\partial y^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 U_2}{\partial x \partial y} + \rho \omega^2 U_1 &= 0, \\ \mu \frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 U_2}{\partial y^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 U_1}{\partial x \partial y} + \rho \omega^2 U_2 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\lambda, \mu$  — постоянные Лямэ,  $\rho$  — плотность среды,  $\omega$  — частота колебаний.

С помощью теоремы взаимности работ строятся интегральные представления амплитуд перемещений  $U_1$  и  $U_2$  (1), удовлетворяющие условию периодичности и условиям излучения на бесконечности. Удовлетворение граничных условий на контуре  $L$  поперечного сечения полых цилиндрических включений

$$U_1 = U_2 = 0 \quad \text{на} \quad L \quad (2)$$

сводит задачу к решению двух интегральных уравнений с логарифмическим ядром, численная реализация которых затруднительна. Поэтому граничные условия (2) дифференцировались по дуговой координате, что позволило получить систему двух сингулярных уравнений первого рода. Для выделения искомого единственного решения ставились два необходимых дополнительных условия, вытекающих из (1): равенство нулю либо средних перемещений, либо перемещения в одной из точек контура  $L$ . Совпадение полученных результатов свидетельствует о правильности построенных алгоритмов.

На компьютере получены некоторые численные результаты, характеризующие распределение амплитуд напряжений на контуре эллиптического цилиндрического включения.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА СумГУ**

Ульяник В., Слющенков А., Станкевич С., Литвиненко О.А.

Уровень успеваемости студентов высших учебных заведений зависит от многих факторов, в частности:

- количества учебных часов, выделяемых на дисциплину;
- уровня подготовленности студентов;
- квалификации и опыта преподавателей;
- сложности изучаемых дисциплин и др.

Кроме традиционных организационно-методических моментов, можно также проследить зависимость среднего балла студентов от социально-демографических факторов, например, от возраста преподавателя. В университетской среде бытует мнение, что оценки, выставляемые молодыми преподавателями и преподавателями более старшего возраста, отличаются. Это можно обосновать различным уровнем квалификации и опытом преподавателей, их требовательностью, критериями оценок и т.п.

С одной стороны, молодые преподаватели еще недавно сами были студентами, поэтому, казалось бы, должны в некотором смысле "сочувствовать" своим ученикам. Тем более, что во многом им самим приходится учиться вместе со студентами, так как выучить предмет и научить предмету других – это не одно и то же. Однако, с другой стороны, у них еще "свежо в памяти" то, как им самим приходилось напрягаться, и они могут "отыгрываться" на своих учениках.

Поэтому целью исследования было попытаться установить, есть ли зависимость между возрастом преподавателей и средним баллом студентов и, если есть, то какой характер она имеет.



При решении поставленной задачи были использованы традиционные статистические методы, включающие сбор и анализ имеющейся информации, методы группировки, сортировки информации, построение сводных данных, нахождение среднестатистических значений, построение диаграмм на основе полученных данных. Были использованы электронные таблицы Microsoft Excel.

Проанализировав результаты зимней сессии 2003–2004 учебного года по экономическому факультету, мы пришли к следующим выводам. Во-первых, с увеличением возраста преподавателей средний балл студентов уменьшается. Во-вторых, средний балл студентов старших курсов (4–5 курсы) выше, чем средний балл студентов младших (1–3) курсов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ НОВОЙ ФАЗЫ В СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Харченко Д.О., Лопаткин Р.Ю., Прошайло Т.Г.

Было проведено компьютерное моделирование распределенной системы. В качестве объекта исследования была выбрана стохастическая система с сингулярным мультипликативным шумом, заданным в виде степенной функции от стохастической переменной в рамках модели Гинзбурга – Ландау.

$$\frac{\partial}{\partial t}x(\mathbf{r}, t) = \varepsilon x - x^3 + D\Delta x(\mathbf{r}, t) + |x|^a \zeta(\mathbf{r}, t) \quad (3)$$

Моделирование распределенной системы проводилось на решетке с периодическими граничными условиями, что позволило рассматривать систему в термодинамическом пределе. Для каждой точки решетки на каждом шаге численно решалось стохастическое дифференциальное уравнение. При численном решении уравнения Ланжевена наблюдался типичный ход эволюции в распределенной системе: в зависимости от начальных параметров образовывались различные по величине и форме кластеры.

При рассмотрении 100 ансамблей по 12000 итераций при температуре  $\varepsilon = 11$ ,  $a = 0.3$ ,  $D = 2$ , размере решетки  $64 \times 64$ , было получено распределение кластеров по размерам. Коэффициент наклона кривой,

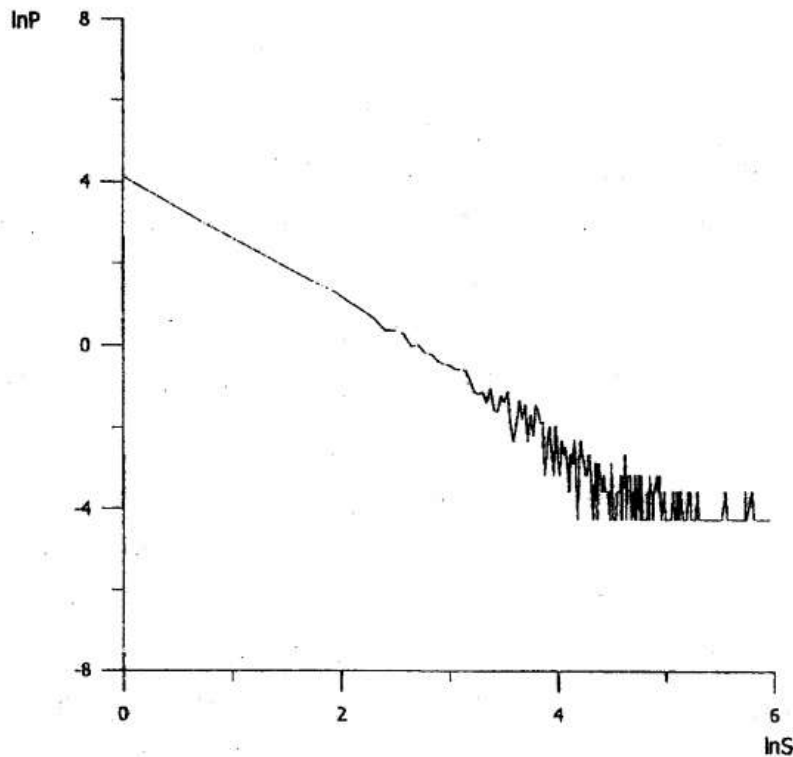


Рис.1 Распределение кластеров по размерам

равный 1,5, свидетельствует о том, что в исследуемой области наблюдается явление самоорганизованной критичности.

## ДИНАМИЧЕСКИЙ БИЛЬЯРД В ОДНОРОДНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ

Ячменёв В.А.

Динамическую систему, описываемую уравнениями движения материальной точки с ударным выходом на одностороннюю связь, называется динамическим бильярдом. Частным случаем является классический кинематический бильярд, когда на материальную точку не действуют никакие силы и её траектория определяется только ударными выходами на связь, а отрезок траектории между двумя ударами есть прямолинейное движение с постоянной скоростью.

Здесь рассматривается плоское движение точечной массы в однородном поле тяготения внутри вертикально стоящего круга. Считаем, что удар абсолютно упругий. Эта модель эквивалентна другой модели: материальной точке, подвешенной в однородном поле тяготения на идеальной гибкой нерастяжимой нити с условием, что при выходе на связь происходит абсолютно упругий удар.

Тогда уравнения движения имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} &= -\vec{e}, \quad |\vec{r}| \leq 1, \\ \vec{V}_+ &= \vec{V}_- - 2(\vec{V}_- - \vec{U})\vec{U}, \\ \vec{r} &= \frac{\vec{R}}{l}; \quad \vec{V} = \frac{\vec{V}}{\sqrt{ql}}, \quad t = \sqrt{\frac{q}{j}}T, \end{aligned}$$

где  $\vec{R}$  и  $\vec{V}$  — соответственно радиус-вектор и скорость точечной массы,  $T$  — текущее (размерное) время,  $l$  — длина нити в натянутом состоянии,  $q$  — ускорение силы тяжести,  $\vec{e}$  — единичный вектор вертикального направления;  $\vec{V}_t$ ,  $\vec{V}_-$  — безразмерные вектор-скорости до и после удара;  $\vec{n} = -\vec{r}_*/|\vec{r}_*|$  — внутренняя нормаль к граничной окружности, взятая в точке удара.

Суть работы заключается в построении и исследовании периодических траекторий.



## ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА “МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ”

Белоус Е.А., Маслов А.П., Гончарова-Хижняк Е.Н.

Среди учебных дисциплин для специальности “Информатика” представлен курс “Математического анализа”. Он состоит из информационных, контролирующих и коммутационных блоков.

Информационный блок содержит лекционный материал по основным разделам курса, например, “Пределы”, “Неопределенный интеграл”, “Ряды” и т.д. Каждый раздел содержит необходимое количество лекций. В них, с учетом самостоятельного изучения студентами, представлен теоретический материал насыщенный подробным пояснением правил, доказательством теорем, рисунками, т.д.

Для контроля приобретенных знаний и навыков, предложен блок, содержащий тесты и тренажеры.

При этом тренажеры выполняют двойную функцию. С одной стороны они позволяют приобрести и отработать практические навыки решения математических задач, с другой, служат средством контроля знаний. Решение задачи с помощью тренажера выполняется в несколько этапов, на каждом из которых, присутствует промежуточный контроль. Отметим, что тренажеры позволяют моделировать достаточное количество вариантов задач одного вида и уровня сложности. Контролируют знания составленные тесты различных видов.

После изучения нескольких разделов студенту предлагается контрольная работа, составленная на основе заданий тестов и тренажеров.

Коммутационный блок позволяет установить общение преподавателя со студентом, и реализовать индивидуальный подход в обучении данной дисциплине.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФИЛОСОФСКАЯ ПРОБЛЕМА

Швырков А. И.

1. Несмотря на успехи информатики, кибернетики и компьютерной техники приходится констатировать, что единая теория искусственного интеллекта до сих пор не создана. Основные причины этого следующие.
  - (а) Обилие “белых пятен”, “лакун” в наших знаниях о собственном интеллекте, психике, мозге, принципах их функционирования и организации.
  - (б) Принципиальная недостаточность и ограниченность современных теоретических принципов и основанных на них практических методов создания систем искусственного интеллекта.
  - (с) Необходимость принятия того или иного *однозначного* решения по многим основополагающим вопросам нашего мировоззрения, на которые самым непосредственным образом выводит проблема искусственного интеллекта.
2. Единственная возможность для того, чтобы как-то обойти вышеперечисленные трудности состоит в том, чтобы *вывести проблему искусственного интеллекта в чисто философскую область, т. е. рассматривать её как чисто философскую проблему.*
3. При таком максимально абстрактном подходе становится не так уж важно, как именно мозг обрабатывает поступающие в него данные, на каких элементах построен тот или иной компьютер и т. д. Другими словами, от всего этого можно абстрагироваться.

Но абстрагироваться необходимо также ещё и от времени — в том смысле, что для философов не должно быть особенно важно, какие успехи достигнуты (или какие неудачи постигли) исследователей к настоящему моменту. Создание искусственного интеллекта

— чтобы ни понималось под этим понятием — должно рассматриваться как *существенным образом ориентированное на неопределенное будущее*, точно так же, как решение фундаментальных проблем нашего мировоззрения.

4. До середины 20 века проблема создания искусственного интеллекта ещё никогда не ставилась в столь конкретной, явной и, главное, актуальной форме, как это произошло после создания компьютеров, появления кибернетики и информатики. Поэтому в работах философов, живших до этого времени, вряд ли возможно отыскать какие-либо законченные теории, опираясь на которые можно было бы создать *философию искусственного интеллекта*. Поэтому
5. Необходимо выработать некий новый ориентированный специально на проблему искусственного интеллекта подход, который бы позволил объединить существующие в настоящее время разрозненные идеи, а также сформировать некоторое более адекватное *отношение* к этой проблеме.

## 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.



## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР В КУСОЧНО-ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ С ДЕФЕКТАМИ ТИПА ТРЕЩИН ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ**

Клименко В.А.

Нагрев материалов в результате облучения поверхности высококонцентрированными потоками энергии, который имеет место при работе лазерных установок, при определённых условиях можно моделировать действием распределяемого поверхностного источника тепла с известной удельной мощностью или теплового потока заданной интенсивности. На практике реализуется в основном две формы источника: нормальный (гауссовский) и равномерный. Гауссовская форма источника имеет место во время действия на материал луча лазера, работающего в одномодульном режиме.

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

Предлагается методика нахождения распределения температурного поля кусочно-однородной среды, ослабленной теплоизолированными разрезами, подверженной нестационарному теплообмену.

Краевая задача сводится к системе интегральных уравнений смешанного типа. Численная реализация осуществлялась методом последовательных приближений.

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ**

Беда И.Н.

Предложен метод динамической дискретизации роторной системы с разделёнными параметрами, которая содержит несколько неконсервативных элементов. Получены уравнения движения таких систем и про-

ведены их исследования. Показано, что на динамические характеристики роторных систем существенное влияние оказывают гидродинамические процессы в щелевых уплотнениях проточной части: при определённой геометрии щелевого уплотнения даже невращающийся ротор может потерять динамическую устойчивость.

Полученные теоретически амплитудно-частотные характеристики сопоставлены с экспериментом.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОПРОВОДЯЩЕЙ СТЕНКИ ПРИ ПОМОЩИ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ

Лысенко О.А.

Рассматривается задача определения толщины стенки, разделяющей две жидкие или газообразные среды с различными температурами. Это геометрическая обратная задача теплопроводности, которая решается путём обращения решения прямой задачи. Рассматриваются различные случаи: однослойная и многослойная стенки в случае нелинейной теплопроводности.

Сформулируем задачу следующим образом.

Будем считать, что толщина стенки мала по сравнению с другими её размерами и температура  $T$  измеряется только в направлении  $x$ , по толщине стенки. Теплопроводность материала стенки  $\lambda = \lambda(T)$  известна. Условия теплообмена на поверхностях стенки не зависят от времени. Тогда процесс теплопроводности описывается одномерным стационарным уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0. \quad (1)$$

С обеих сторон зададим граничные условия третьего рода:

$$\begin{aligned} -\lambda(T) \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} &= \alpha_1 (T_{ж1} - T|_{x=0}) \\ -\lambda(T) \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=\delta} &= \alpha_2 (T|_{x=\delta} - T_{ж2}) \end{aligned} \quad (2)$$

где  $T_{ж1}$  и  $T_{ж2}$  — температуры жидкостей возле поверхностей  $x = 0$  и  $x = \delta$  соответственно,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты теплопередачи на этих поверхностях.

Требуется найти такую толщину стенки  $\delta$ , при которой плотность теплового потока, проходящего через стенку, равнялась бы заданной величине  $q$ , которая определяется из дополнительных условий задачи.

Для определённости считаем, что  $T_{ж1} > T_{ж2}$ .

Задача (1), (2) решена методом обращения решения прямой задачи.

Исходные данные:

$\lambda_1 = 173.8 - 0.092T$  (для молибдена),  $\lambda_2 = 196.4 - 0.135T$  (для вольфрама), где  $T$  — температура,  $^{\circ}C$ ,  $t_{ж1} = 102^{\circ}C$ ,  $\alpha_1 = 250 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $t_{ж2} = 20^{\circ}C$ ,  $\alpha_2 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $q = 500 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . На толщину слоёв наложены следующие ограничения:  $0.08 \text{ м} \leq \delta_1 \leq 0.1 \text{ м}$ ,  $0 \text{ м} \leq \delta_2 \leq 0.1 \text{ м}$

## РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Машурова Е.А.

**Постановка задачи.** Дана многослойная стенка. Будем считать, что слои плотно прилегают к друг другу, термическое сопротивление между любыми двумя соседними слоями равно нулю. Число слоев равно  $N$  и у каждого слоя своя теплопроводность  $\lambda_i$ ,  $\lambda_i = \text{const}$ . С обеих сторон стенки заданы граничные условия третьего рода

$$\begin{aligned} -\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} &= \alpha_1 (T_{ж1} - T|_{x=0}), \\ -\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=\delta} &= \alpha_2 (T|_{x=\delta} - T_{ж2}), \end{aligned}$$

причем  $T_{ж1} > T_{ж2}$ .

Кроме того, на толщину каждого слоя  $\delta_i$  наложены ограничения сверху и снизу

$$\delta_{i \min} \leq \delta_i \leq \delta_{i \max}, \quad i = 1, \dots, N,$$



а на толщину всей стенки - ограничение

$$\delta = \sum_{i=1}^N \delta_i \leq \delta_{\max}.$$

Требуется найти толщину каждого слоя, при которых плотность теплового потока, проходящего через стенку, равнялась бы заданной величине  $q$ , а толщина всей стенки была бы минимальной.

**Исходные данные.**  $\lambda_1 = 3,54 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $\lambda_2 = 3,54 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $T_{жс1} = 28^\circ\text{C}$ ;  $T_{жс2} = -12^\circ\text{C}$ ;  $\alpha_1 = 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $\alpha_2 = 130 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;  $q = 300 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . На толщину слоев наложены следующие ограничения:  $0,1 \text{ м} \leq \delta_1 \leq 0,4 \text{ м}$ ,  $0 \text{ м} \leq \delta_2 \leq 0,25 \text{ м}$ ; а толщина стенки  $\delta \leq 0,6 \text{ м}$ . Термическим сопротивлением между слоями пренебречь.

**Полученные результаты.**  $\delta_1 = 0,1$ ;  $\delta_2 \leq 0,24$

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НИР КАФЕДРЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ**

Фильштинский Л.А.

В компактной форме излагаются результаты исследований преподавателей и сотрудников кафедры по проблемам статической и динамической теории упругости, электроупругости, связанным задачам термоупругости. Обсуждаются направления исследования в области оптимального управления системами с сосредоточенными и непрерывными параметрами. К таким системам относятся: обтекание тел винтовыми потоками, электродинамические, магнитодинамические и биомеханические системы. В работе приводятся основные результаты исследований, полученные на кафедре за последние пять лет.

## **ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ В ТЕОРИИ УПРУГОСТИ**

Ковалев Ю.Д.

Излагаются основные методы решений трехмерных задач упругости: метод однородных решений, суперпозиции, интегральных уравнений, численные методы.

Отмечается, что наиболее эффективным методом решения пространственных задач является метод интегральных уравнений. В частности для слоя эффективным является метод одномерных интегральных уравнений в сочетании с методом однородных решений. На этом пути на кафедре ПММ рассматривались классы симметричных и кососимметричных задач упругости и электроупругости для слоя, содержащего туннельные полости, трещины. Получено также решение задачи об изгибе толстостенной оболочки переменной толщины.

## **ДИФРАКЦИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ НА ОТВЕРСТИИ В СОСТАВНОМ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Сушко Т.С.

На базе построенного фундаментального решения стационарной динамической задачи электроупругости для составного пространства получено интегральное представление решения граничной задачи о дифракции сдвиговой волны на полости. Граничная задача сведена к системе интегральных уравнений 2-го рода с ядрами, представляющими собой интегралы Фурье от соответствующих фундаментальных решений.

Разработана численная схема приближенного решения полученного интегрального уравнения.

## **ПРОБЛЕМА ОСРЕДНЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ И ФЕРРОМАГНИТНЫХ СТРУКТУР**

Шрамко Ю.В.

Рассматривается задача о построении макромоделей периодических пьезокерамических и ферромагнитных структур. Для решения этой проблемы построены интегральные представления полевых величин в классе квазипериодических и двоякопериодических функций.

Из решения интегральных уравнений соответствующих граничных задач электроупругости и магнитостатики вычисляются функционалы, ответственные за физико-механические свойства макромоделей. Эти функционалы входят в материальные уравнения макромоделей.

Отработаны численные схемы решения интегральных уравнений, рассмотренных задач. Получены данные о свойствах макромоделей периодических структур.



## ОДНОРОДНЫЕ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО СЛОЯ

Шрамко Л.В.

Построены полные системы однородных решений уравнений электроупругости для слоя при различных вариантах граничных условий на его основаниях. Рассмотрены симметричные и кососимметричные однородные решения. Показано, что в некоторых ситуациях в однородных решениях отсутствует бигармоническое слагаемое. В результате расчетов исследованы свойства характеристических чисел соответствующих задач Штурма-Лиувилля. С использованием структуры однородных решений построены фундаментальные решения уравнения электроупругости для слоя при различных вариантах смешанных граничных условий на его основаниях. Рассмотрена граничная задача о растяжении пьезокерамического слоя, ослабленного туннельной сквозной полостью достаточно произвольного поперечного сечения. Эта задача сведена к системе одномерных интегральных уравнений на контуре поперечного сечения полости.

## СВЯЗАННАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ СЛОЯ В $R^3$

Сиренко Ю.В.

Построена полная система однородных решений в связанной задаче термоупругости с учетом конечной скорости распространения тепловых возмущений. Эти решения выражены в виде рядов Фурье по толщинной координате, коэффициенты которых являются метогоармоническими функциями со специальными аргументами.

На базе полученных однородных решений построены фундаментальные решения связанной задачи термоупругости, соответствующие распределенным вдоль линий сосредоточенным воздействиям. Граничная задача связанной термоупругости о механическом или тепловом

возбуждении слоя с полостью сведена к системе одномерных интегральных уравнений. Построены однородные решения уравнения теплопроводности для анизотропного слоя. Рассмотрены тепловые волновые поля в анизотропном слое с полостью.

## **КОНЦЕНТРАЦИЯ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНЕ С ОТВЕРСТИЕМ**

Литвиненко Н.В.

Рассматривается двумерная задача связанной термоупругости (с учетом гиперболической модели теплопроводности) для пластины с отверстием при гармоническом возбуждении. Задача сведена к интегральному уравнению Фредгольма 2-го рода на контуре отверстия.

## **ВОЛНОВЫЕ ТЕПЛОВЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В СЛОЕ ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ И ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЯХ**

Бондарь А.В.

Рассматривается связанная задача термоупругости для изотропного слоя при возбуждении его распределенными вдоль линии гармоническими или импульсными источниками. Получены данные о характере полей в зависимости от расстояния до источника и частоты возбуждения. Результаты получены для кососимметричного относительно срединной плоскости слоя распределения при смешанных граничных условиях типа А на основаниях слоя.

## **ВОЗБУЖДЕНИЕ СЛОЯ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПРИ СМЕШАННЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТИПА Б**

Молдаванова Н.А.

Построено фундаментальное решение связанной задачи термоупругости для изотропного слоя с учетом гиперболической модели теплопроводности. Исследованы волновые поля напряжений и температур в слое в зависимости от расстояния до источника и частоты возбуждения.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СТАЦИОНАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ СЛОЯ**

Кушнир Д.В., Немешев М.Х., Чаплыгин А.А.

На основе известных однородных решений уравнения Ламе построены фундаментальные решения для упругого слоя при различных граничных условиях смешанного типа на его основаниях. Рассмотрены граничные задачи теории упругости о возбуждении слоя с полостью гармонической нагрузкой. Поставленные задачи сведены к системам одномерных сингулярных интегральных уравнений на контуре поперечного сечения полости. Предполагается, что конфигурация поперечного сечения достаточно произвольна.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛООВОГО ИМПУЛЬСА НА ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ В СЛОЕ С ПОЛОСТЬЮ**

Киричек Т.А.

В рамках гиперболической модели теплопроводности рассматривается изотропный в смысле теплофизических свойств слой, содержащий сквозную туннельную полость достаточно произвольного поперечного сечения. Предполагается, что на контуре полости действует тепловой



импульс прямоугольной конфигурации во времени. Сначала рассматривается гармоническое возбуждение слоя с полостью, затем при помощи интегрального преобразования Лапласа рассматривается импульсное возбуждение. Граничная задача сводится к интегральному уравнению Фредгольма 2-го рода. Обращение преобразования Лапласа проводится численно. Получены результаты, характеризующие реакцию слоя с полостью на тепловой импульс.

## **ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА СВЯЗАННОЙ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПЛАСТИНКИ С ОТВЕРСТИЕМ**

Силич К.В.

Рассматриваются связанные тепловые и механические поля в пластинке с учетом конечности скорости распространения тепловых возмущений. На основе построенного двумерного фундаментального решения граничная задача для пластинки с отверстием сводится к системе интегральных уравнений, которая решается численно методом механических квадратур. Получены данные по концентрации связанных полей на контуре отверстия.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВОЛН В АНИЗОТРОПНОМ СЛОЕ**

Чеканов А.А.

Рассматривается анизотропный в смысле теплофизических свойств слой, содержащий туннельную полость на поверхности которой задан гармонически изменяющийся во времени тепловой поток. На основе построенных однородных решений уравнения теплопроводности для анизотропного слоя указанная граничная задача сводится к регулярному интегральному уравнению второго рода. Это уравнение решается численно методом механических квадратур. Построены линии уровня температур в окрестности полости, дающие представление о концентрации волновых тепловых полей вблизи неоднородности.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНКЕ**

Зубко Е.А.

Рассмотрена нестационарная задача теплопроводности для прямоугольной пластинки. Получены аналитические выражения для определения поля температур в рассматриваемой пластинке. На основе построенного аналитического алгоритма проведен численный эксперимент, результатом которого является обширный графический материал, приведенный в виде линий уровня поля температур пластинки в зависимости от приложенной тепловой нагрузки на контуре и распределения внутренних источников тепла. Графический материал представлен для различных моментов времени.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В БЕСКОНЕЧНОМ КРУГОВОМ ЦИЛИНДРЕ**

Павловская Н. Н.

Рассмотрена нестационарная задача теплопроводности для бесконечного кругового цилиндра. Получены аналитические выражения для определения поля температур в рассматриваемом цилиндре. На основе построенного аналитического алгоритма проведен численный эксперимент, результатом которого является обширный графический материал, приведенный в виде линий уровня поля температур в сечении цилиндра в зависимости от приложенной тепловой нагрузки на контуре и распределения внутренних источников тепла. Графический материал представлен для различных моментов времени.

## **ОБЗОР МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Маковейчук В.В.

Делается обзор имеющихся в литературе схем и алгоритмов численных решений нелинейных уравнений с комплексными коэффициентами.



## РОЗРАХУНОК АНСАМБЛЮ ВЛАСНИХ ДЕФЕКТІВ У КРИСТАЛАХ $CdTe$ МЕТОДОМ КВАЗІХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ ДЛЯ ВИПАДКУ ЧАСТКОВОЇ РІВНОВАГИ

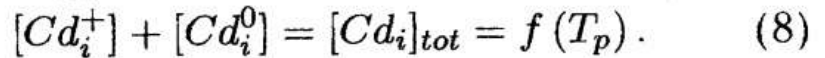
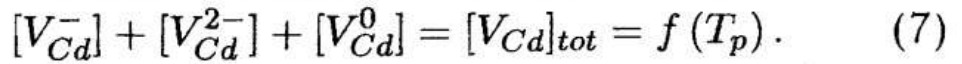
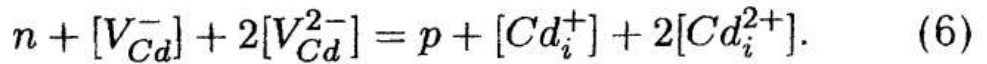
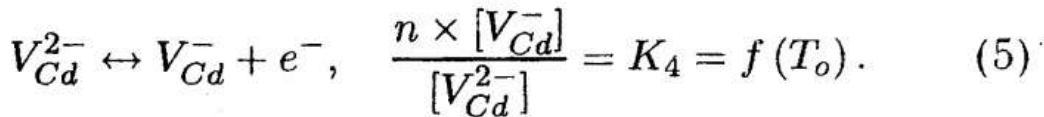
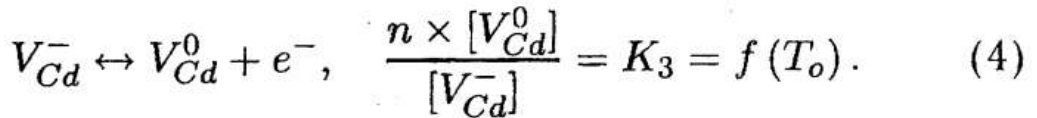
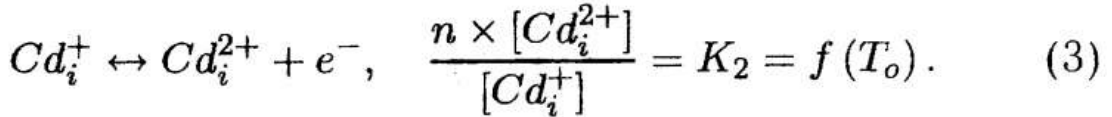
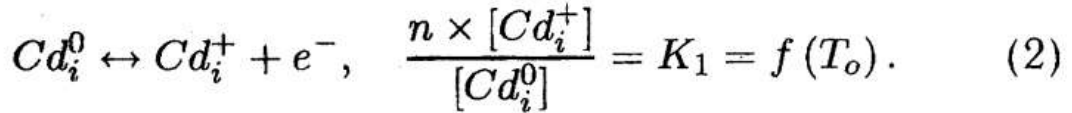
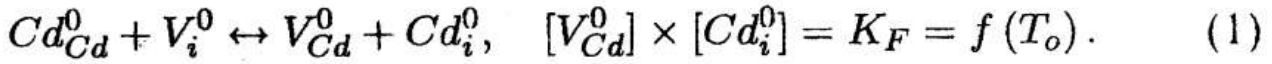
Косяк В.В., Опанасюк А.С.

Метод квазіхімічних реакцій широко використовується при вивченні рівноваги структурних дефектів у напівпровідниках. Незважаючи на велику кількість робіт [1], де проведено розрахунок дефектної структури телуриду кадмію для різних моделей дефектів, у більшості з них розглянуто випадок так званої повної рівноваги. При цьому співставлення розрахункових та експериментальних результатів можливе лише у процесі проведення високотемпературних вимірювань провідності та ефекту Холла в інтервалі температур  $T = 800\text{--}1200\text{ К}$ . На практиці більшість вимірювань проводять при температурах близьких до кімнатної. В цьому випадку стан дефектів у матеріалі більш адекватно може бути описаний моделлю часткової рівноваги або закалювання [2].

У роботі наведені результати використання даної моделі для опису стану дефектів у нелегованих монокристалах  $CdTe$ , відпалених при різних тисках кадмію. Розрахунок ансамблю точкових дефектів у напівпровіднику проводився у два етапи. На першому етапі моделювався стан точкових дефектів у  $CdTe$  для випадку повної рівноваги, потім ці результати використовувались як вхідні для остаточних розрахунків.

Для моделювання стану власних дефектів телуриду кадмію в умовах повної рівноваги використовувалась система квазіхімічних рівнянь, наведена у [3]. При достатньо швидкому охолодженні зразків відбувається заморожування ансамблю точкових дефектів, що виникли в матеріалі при високій температурі. Однак охолодження не впливає на рівноважний баланс електронів і дірок. В результаті при достатньо низькій температурі всі електрони і дірки рекомбінують, а надлишок вільних носіїв захоплюється власними дефектами, які переходять у нейтральний стан. Відповідні процеси можна врахувати шляхом введення у систему, яка описує стан повної рівноваги, двох додаткових рівнянь, що характеризують сталість загальної концентрації заряджених і нейтральних вакансій та міжвузольних атомів. Система квазіхімічних рівнянь, що описує

закалювання має вигляд



де  $n$ ,  $p$ ,  $[Cd_i^0]$ ,  $[Cd_i^+]$ ,  $[Cd_i^{2+}]$ ,  $[V_i^0]$ ,  $[V_{Cd}^0]$ ,  $[V_{Cd}^-]$ ,  $[V_{Cd}^{2-}]$  концентрації відповідних дефектів;  $K_G$ ,  $K_F$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ ,  $K_i$  константи квазіхімічних реакцій;  $T_o$ ,  $T_p$  температури дослідження та отримання зразків.

В даній системі реакція (1) описує впровадження  $Cd$  у ґратку напівпровідника, реакції (2) (5) рівновагу власних дефектів у конденсаті при температурі дослідження  $T_o$ . Співвідношення (6) задає умову електронейтральності напівпровідника, а (7) і (8) враховують сталість загальної концентрації дефектів у процесі закалювання матеріалу. Результати розрахунків ансамблю точкових дефектів у  $CdTe$  з використанням квазіхімічних рівнянь (1)-(8) наведені на рис. 1.

Розраховані залежності концентрації власних дефектів від температури вирощування кристалів та тиску пари  $Cd$  при відпалі зразків дозволили визначити холлівську концентрацію носіїв у матеріалі при різних режимах впливу на напівпровідник. Це дозволяє прогнозувати електрофізичні властивості кристалів  $CdTe$  одержаних при різних фізико-технологічних умовах вирощування та відпалу.

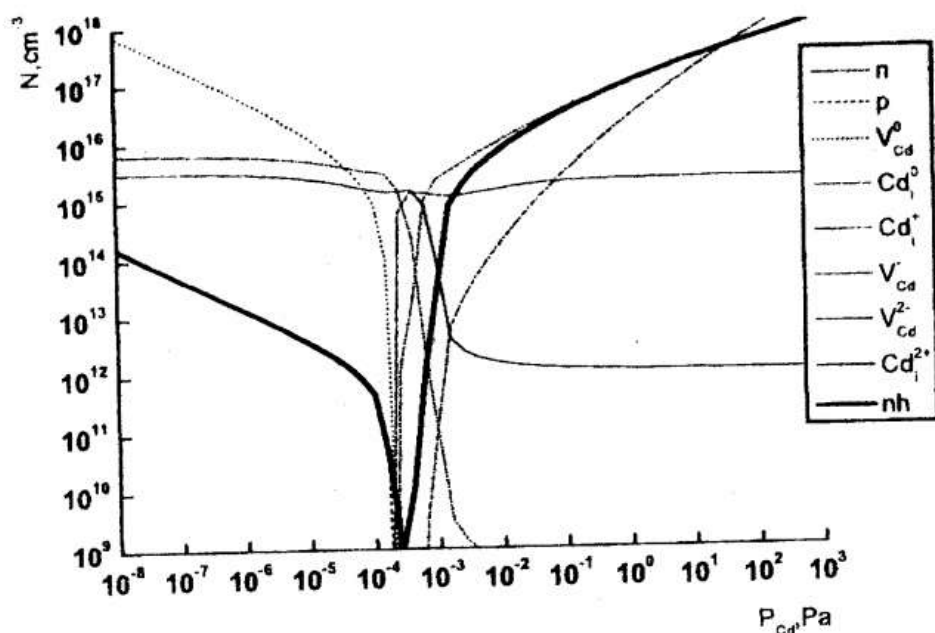


Рис. 1 Залежність концентрації власних дефектів у  $CdTe$  від парціального тиску пари при закалюванні зразків.

№3.- С. 475-480.

2. Крөггер Ф. Химия несовершенных кристаллов.-М.:Мир, 1969.-620 с.
3. Зякун Д.Г., Кунченко А.Л., Тыркусова Н.В. Расчёт концентрации собственных дефектов в пленках теллурида кадмия методом квазихимических реакций // Тези науково-технічної конференції викладачів співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету.- 15-30 квітня 2002.- Суми СумДУ.-2002.-С. 148-150.

## ВРАХУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ НАПІВПРОВІДНИКА ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ ЛОКАЛІЗОВАНИХ СТАНІВ

Колесник М.М., Опанасюк А.С.

Електричні властивості ізолюючих та напівізолюючих матеріалів в значній мірі визначаються присутністю в них локалізованих станів (ЛС). Для знаходження параметрів ЛС в напівпровідниках у теперішній час широкого використання набув метод, заснований на аналізі вольт-амперних характеристик (ВАХ) в режимі струмів, обмежених просторовим за-



рядом (СОПЗ). У своєму класичному вигляді цей метод базується на порівнянні експериментальних ВАХ з теоретично розрахованими для ряду модельних розподілів ЛС у забороненій зоні (ЗЗ) матеріалу. При цьому при одержанні теоретичних кривих струм-напруга вважається, що зразки є просторово однорідними. Дане припущення може бути застосоване у випадку монокристалічних та аморфних плівок, але неприпустимо для полікристалічних плівок, одержаних вакуумною конденсацією. Добре відомо, що у цьому випадку поблизу підкладки формується перехідний шар з підвищеним вмістом структурних дефектів, які можуть виступати пастками. Дефектний шар може також виникати на поверхні матеріалу під час її обробки та нанесення струмоз'ємних контактів, в результаті розподіл пасток за товщиною плівки стає неоднорідним. Це може суттєвим чином вплинути на вигляд ВАХ та привести до значних похибок при визначенні параметрів ЛС.

У роботі аналізується вплив просторової негомogeneousності напівпровідникового матеріалу на надійність визначення параметрів пасток із ВАХ СОПЗ.

У випадку протікання через зразок з довільним розподілом пасток у ЗЗ матеріалу монополярних струмів виконується закон подоби

$$\frac{j}{L} = f\left(\frac{U}{L^2}\right), \quad (1)$$

де  $j$  – густина струму;  $U$  – напруга на зразку;  $L$  – його товщина. Для випадку неоднорідного розподілу пасток це рівняння може бути записано у вигляді

$$\frac{j}{L} \left(\frac{L}{L_{ef}}\right) = f\left(\frac{U}{L^2} \left(\frac{L}{L_{ef}}\right)^2\right), \quad (2)$$

де якщо розподіл пасток за енергією у ЗЗ матеріалу є експоненціальним

$$L_{ef} = \left\{ \frac{2\eta - 1}{\eta} \int_0^L \left( \int_0^t S(x) dx \right)^{\frac{\eta-1}{\eta}} dt \right\}^{\frac{\eta}{2\eta-1}}. \quad (3)$$

де  $S(x)$  – функція, що характеризує просторовий розподіл пасток;  $\eta = \frac{d \ln j}{d \ln U}$  – нахил ВАХ у подвійних логарифмічних координатах.

З співвідношення (2) видно, що плівка з неоднорідним просторовим розподілом еквівалентна гомогенній плівці, якщо її реальну товщину замінити на ефективну. Таким чином врахувати просторову неоднорідність зразка можна, розрахувавши відношення  $L_{ef}/L$  в залежності від параметрів розподілу.

Моделювання проводились для розподілу пасток за товщиною плівки, що описується експонентою, подвійною експонентою або гаусовою функцією з максимумом густини на поверхні зразка. Відповідні функції нормувалися на одиницю. Параметри просторового розподілу змінювалися у широкому інтервалі значень  $l = \eta - 1$ .

Це дозволило одержати результати для двох крайніх випадків: однорідного просторового розподілу ( $l = 1$ ) та пасток, зосереджених біля поверхні плівки (монорівень,  $l = 59$ ). Результати моделювання для розподілу пасток з максимумом густини на інжектуючому електроді наведені на рис. 1.

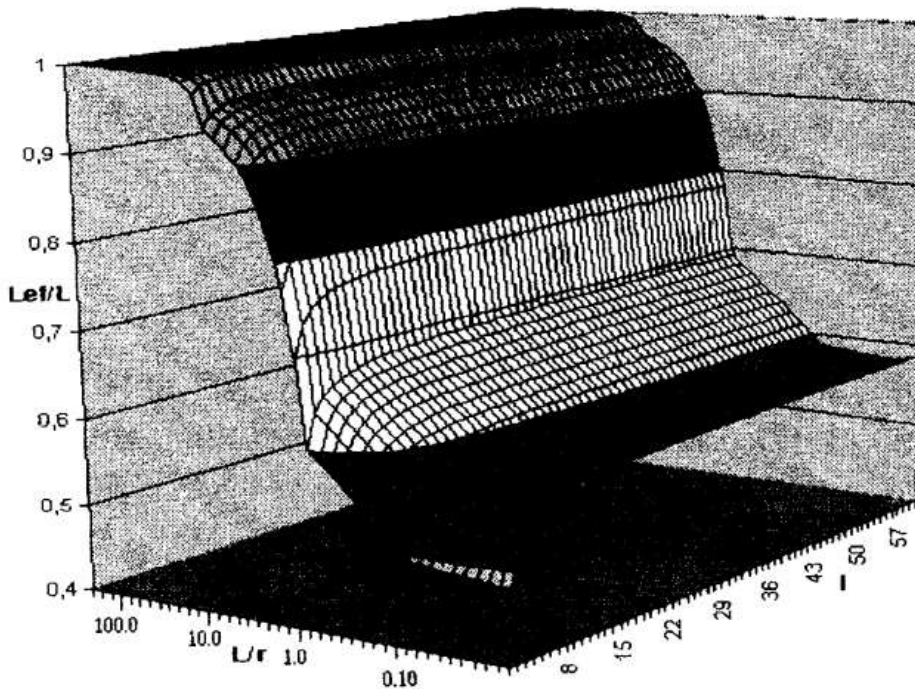


Рис.1 Залежність  $L_{ef}/L$  від  $L/r$  для різних значень  $l$ . Просторовий розподіл ЛС задається співвідношенням  $S(x) = 1 + S_0 \exp(-x/r)$ , де  $S_0 = 2$ .

Аналіз кривих наведених на рис.1, дозволив встановити, що вплив неоднорідності просторового розподілу є більш виражений у випадку

тонких зразків та зростає при наближенні розподілу до гомогенного.

Отримані результати дозволяють врахувати неоднорідність просторового розподілу пасток за товщиною плівки і одержати коректні результати при визначенні концентрації та глибини залягання пасток.

## ІНЖЕКЦІЙНА СПЕКТРОСКОПІЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ СТАНІВ В УМОВАХ ПРОСТОРОВОЇ НЕГОМОГЕННОСТІ ЗРАЗКІВ

Шевченко М., Опанасюк А.С., Тиркусова Н.В.

Метод, що базується на аналізі вольт-амперних характеристик (ВАХ) струмів обмежених просторовим зарядом (СОПЗ), в наш час набув широкого використання для отримання інформації про концентрацію і енергетичне положення у забороненій зоні апівізолуючих матеріалів локалізованих станів (ЛС), які зумовлені домішками або власними структурними дефектами.

В роботах [1-2] запропоновано та розвивається різновид цього методу (інжекційна спектроскопія), який дозволяє знайти функцію, що описує енергетичний розподіл ЛС в зразках безпосередньо з експериментальних ВАХ шляхом їх диференціальної обробки та одержати максимально повну інформацію про параметри пасток. При цьому вважається, що просторовий розподіл ЛС у матеріалі є однорідним. Разом з тим, це припущення не може бути придатним у випадку плівкових зразків, відкрита поверхня та границя розділу плівка-підкладка яких слугують джерелами додаткових ЛС. У зв'язку з цим у роботі аналізується вплив градієнта густини пасток вздовж зразків на вигляд ВАХ СОПЗ.

Для розрахунку  $j - U$  залежностей використовувалися наступні співвідношення.

$$j = e\mu E(x) n_f(x), \quad (1)$$

$$E(L) = \frac{\alpha U}{L} \delta_1, \quad n_t(L) = \frac{\alpha \beta \epsilon \epsilon_0 U}{e L^2} \delta_2, \quad (2)$$

$$n_f(x) = N_c(v) \exp\left(\frac{E_F}{kT}\right), \quad n_t(x) = \frac{h(E, x)}{1 + g \exp[(E - E_F)/kT]}, \quad (3)$$



де  $j$  – густина струму, що протікає крізь зразок;  $e$  – заряд електрона;  $\mu$  – рухливість носіїв заряду в матеріалі;  $E(x)$  – напруженість електричного поля, що змінюється за товщиною зразка від катоду ( $x = 0$ ) до аноду ( $x = L$ );  $\alpha = (2 - \gamma)$  – коефіцієнт, що враховує відмінність напруженості поблизу анода від його середнього значення в зазорі між електродами;  $U$  – зовнішня напруга;  $L$  – товщина зразка;  $n_f(x)$  – концентрація вільних носіїв при інжекції;  $n_t(L)$  – фактична концентрація носіїв, що захоплені у пастки біля аноду;  $\beta = (1 - \gamma)$  – коефіцієнт, що враховує відмінність  $n_t$  поблизу анода від середнього значення в зазорі між електродами; та  $\delta_1, \delta_2$  – коефіцієнти, що враховують неоднорідність розподілу пасток вздовж зразка;  $N_{c(v)}$  – ефективна густина вільних станів у зоні провідності (валентній зоні) матеріалу;  $\epsilon$  – діелектрична проникність матеріалу;  $\epsilon_0$  – діелектрична стала;  $g$  – фактор спінового виродження рівня ЛС, який залежить від зарядового стану пасток і набуває значень 0,5, 1 або 2 (як правило, приймається що  $g = 1$ );  $E_F$  – положення квазірівня Фермі при інжекції;  $k$  – стала Больцмана;  $h(E, x) = \frac{dN_t}{dE}$  – функція, що описує розподіл густини ЛС за енергією та координатою;  $T$  – температура вимірювання;  $\gamma = \frac{d \ln U}{d \ln j}$  – нахил ВАХ у подвійних логарифмічних координатах.

При розрахунках вважалось, що функцію, яка описує розподіл пасток, можна розбити на дві частини, що залежать тільки від енергії та просторової координати ( $h(E, x) = h(E) \cdot S(x)$ ).

Коефіцієнти  $\delta_1$  та  $\delta_2$  – розраховувалися із використанням співвідношень

$$\delta_1 = \frac{L}{L_{ef}} \left( \frac{\int_0^L S(x) dx}{L_{ef}} \right)^\beta, \quad \delta_2 = \left( \frac{L}{L_{ef}} \right)^2 \left( \frac{\int_0^L S(x) dx}{L_{ef}} \right)^{\beta-1}, \quad (4)$$

де ефективна товщина зразків визначалася наступним чином

$$L_{ef} = \left[ \alpha \int_0^L \left( \int_0^x S(z) dz \right)^\beta dx \right]^{\alpha^{-1}}. \quad (5)$$

Розглянуті випадки, коли просторовий розподіл пасток описується експонентою та гаусовою функцією з максимумом густини на одному з електродів, в той час як енергетичний розподіл є моноенергетичним чи описується функцією Гауса. Приклади розрахунків відповідних ВАХ наведені на рисунку.

Встановлено, що неоднорідність розподілу пасток за товщиною зразка приводить до суттєвої зміни напруги повного заповнення пасток і відповідно похибок у визначенні дійсної концентрації ЛС. Ці похибки зростають у випадку, коли максимум просторового розподілу пасток знаходиться поблизу катода. На величину стрибка струму на ВАХ СОПЗ (глибину залягання пасток) просторовий градієнт густини ЛС впливає слабо.

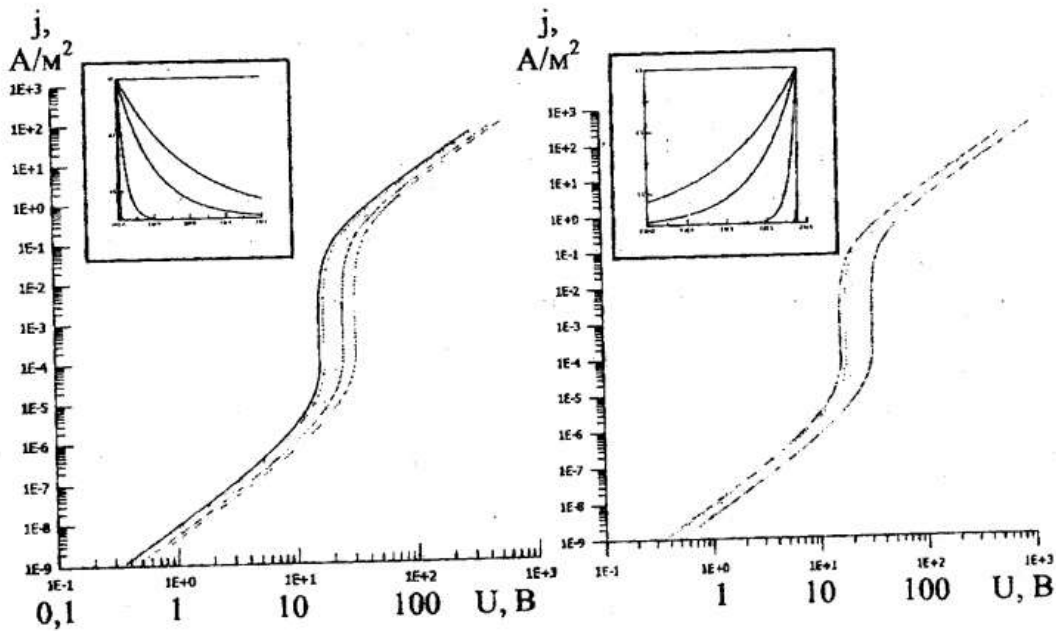


Рис.1 Вольт-амперні характеристики, розраховані для експоненціальних розподілів ЛС за товщиною зразка з максимумом густини на катоді ( $S(x) = S_0 + S_1 \exp(-x/r)$ ) або аноді ( $S(x) = S_0 + S_1 \exp((x-L)/r)$ ) (див. вставку:  $r = 10^{-1}, 10^{-5}, 5 \cdot 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-9}$ ). Функція  $S(x)$  — нормувалась  $S_0 + S_1 = 1$ . Наведені розрахунки для випадку  $S_0 = S_1 = 0,5, L = 19 \cdot 10^{-6}$  м,  $T = 300$  К. Енергетичний розподіл пасток описується функцією Гауса  $N_t = 1020 \text{ м}^{-3}, E_t = -0,57 \text{ еВ}, \sigma = 0,025 \text{ еВ}, g = 1$ .

1. Nespurek S., Sworakowski J. Spectroscopy of traps for current carriers in molecular materials// J. Mol. Electr.-1989.- V.5. - P.71-77.
2. Опанасюк А.С., Проценко І.Ю., Тиркусова Н.В. Деякі особливості реконструкції розподілів глибоких станів методом інжекційної спектроскопії // Журнал фізичних досліджень. - 2000.- Т.4, №2. - С.208-215.

## СРЕДНЕПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ МАГНИТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ДВУХМЕРНЫХ АНСАМБЛЯХ НАНОЧАСТИЦ: НАЛИЧИЕ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ

Лютый Т.В.

В отсутствие точного описания динамики намагниченности таких ансамблей, для получения закона магнитной релаксации используют различные приближения. В работе [1] была разработана теория релаксации намагниченности в таких ансамблях в приближении среднего поля для случая нулевого внешнего поля. Однако интерес представляет также поведение системы в поле смещения — т.е. в поле, перпендикулярном плоскости распределения наночастиц.

Если поле смещения не нарушает предположения о наличии двух устойчивых состояниях магнитного момента, разделённых высоким потенциальным барьером для любой наночастицы, предложенный в [1] подход легко обобщить на случай наличия поля смещения. Решая соответствующее уравнение Фоккера-Планка методом Крамерса, было получено обыкновенное дифференциальное уравнение, решением которого является временная зависимость приведённой намагниченности ансамбля. Полученное уравнение имеет аналитическое решение только для трёх предельных случаев: 1) случай невзаимодействующих частиц; 2) случай, когда намагниченность практически не отличается от первоначальной, или начальный этап релаксации; 3) заключительный этап релаксации, когда намагниченность стремится к равновесной. Получены характерные времена релаксации соответственно для всех трёх случаев:  $\tau_n$ ,  $\tau_0$  и  $\tau_\infty$ .



Показано, что наличие внешнего поля обуславливает ненулевой уровень равновесной намагниченности, величина которого зависит как от внешнего поля, так и от параметров системы. В зависимости от внешнего поля может выполняться как неравенство  $\tau_{\infty} < \tau_0$ , так и  $\tau_{\infty} > \tau_0$ . Поскольку темп спада намагниченности убывает со временем, то времена релаксации не могут рассматриваться как однозначная характеристика скорости релаксации.

1. Денисов С.И., Лютый Т.В., Нефедченко В.Ф. Магнитная релаксация в двумерных ансамблях наночастиц: приближение среднего поля // Металлофиз. новейшие технол. - 2002. - т.24, №1. - сс. 17-24.

## ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ИОННОЙ ЦЕПОЧКИ

Денисова Е.С.

Рассматривается одномерная цепочка разноименно заряженных частиц одинаковой массы, связанных между собой кулоновским и отталкивающим взаимодействиями. Численно изучен транспорт такой цепочки в периодическом пилообразном потенциале под действием продольного переменного электрического поля. Воспользовавшись результатами работы [1], численно решена система уравнений движения положительных и отрицательных частиц в сверхзатухающем пределе. Найдены смещение цепочки за период электрического поля и средняя скорость цепочки. Проведено исследование их зависимости от характеристик межчастичных взаимодействий, переменного электрического поля и пилообразного потенциала. Показано, что эти величины имеют пороговый характер в зависимости от амплитуды электрического поля, смещение цепочки является убывающей ступенчатой функцией, а скорость — разрывной линейной функцией частоты электрического поля. Построены графики зависимостей этих величин в безразмерном виде от безразмерной частоты электрического поля.

1. Denisov S.I., Denisova E.S., Phys. Rev. B 68, 064301 (2003).

## АНОМАЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ, КОНТРОЛИРУЕМАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО БЕЛОГО ШУМА

Витренко А.Н.

Как известно, свободная частица, подверженная воздействию флуктуирующей среды, может демонстрировать диффузионное поведение. При этом среднее значение координаты частицы остается постоянным, а ее дисперсия  $\sigma_x^2(t)$  линейно возрастает со временем. Особый интерес представляет случай аномальной диффузии, когда  $\sigma_x^2(t) \sim t^\nu$  ( $\nu \neq 1$ ). В зависимости от показателя  $\nu$  выделяют два режима — супердиффузию ( $\nu > 1$ ) и субдиффузию ( $\nu < 1$ ).

Аномальная диффузия может описываться различными типами уравнения Ланжевена. Цель данной работы — показать, что стохастическая система с белыми шумами и зависимым от времени параметром затухания может проявлять аномальную диффузию, причем ее режим будет определяться интенсивностью мультипликативного шума.

Уравнение движения имеет вид

$$\lambda(t) \dot{x}(t) = x(t) \xi_1(t) + \xi_2(t), \quad (x(0) = x_0) \quad (1)$$

где  $\lambda(t)$  — некоторая детерминированная функция (параметр затухания),  $\xi_1(t)$  и  $\xi_2(t)$  — белые гауссовские мультипликативный и аддитивный шумы с нулевыми средними и корреляционными функциями

$$\begin{aligned} \langle \xi_1(t) \xi_1(t') \rangle &= 2\Delta_1 \delta(t-t'), & \langle \xi_2(t) \xi_2(t') \rangle &= 2\Delta_2 \delta(t-t'), \\ \langle \xi_1(t) \xi_2(t') \rangle &= 2r \sqrt{\Delta_1 \Delta_2} \delta(t-t'). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  — интенсивности шумов,  $r$  — параметр корреляции ( $|r| \leq 1$ ),  $\delta(x)$  — дельта-функция Дирака. Угловые скобочки означают усреднение по реализациям.

Решая уравнение (1) с учетом (2), получено выражение для дисперсии координаты  $x(t)$ :

$$\begin{aligned} \sigma_x^2(t) &= \left( x_0 + r \sqrt{\Delta_2/\Delta_1} \right)^2 \left\{ \exp \left[ 2\Delta_1 \sigma^2(t) \right] - \exp \left[ \Delta_1 \sigma^2(t) \right] \right\} + \\ &+ \Delta_2/2\Delta_1 (1-r^2) \left\{ \exp \left[ 2\Delta_1 \sigma^2(t) \right] - 1 \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$\sigma^2(t) = 2 \int_0^t d\tau / \lambda^2(\tau) \quad (4)$$

Если при  $t \rightarrow \infty$  интеграл (4) сходится, то дисперсия (3) имеет конечное значение, стационарная плотность вероятности существует. Если расходится — стационарной плотности вероятности нет. Выберем параметр затухания в виде  $\lambda(t) = \sqrt{t+1}$ . Тогда, согласно (3), (4), закон диффузии при больших  $t$  будет иметь вид  $\sigma_x^2(t) \propto t^{4\Delta_1}$ .

Таким образом, система (1), (2) при определенной зависимости параметра затухания от времени может демонстрировать аномальную диффузию, причем ее режим будет определяться интенсивностью мультипликативного шума: при  $\Delta_1 > 1/4$  — супердиффузия, при  $\Delta_1 < 1/4$  — субдиффузия.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Брацыхин В.М., Брацыхина Л.И.

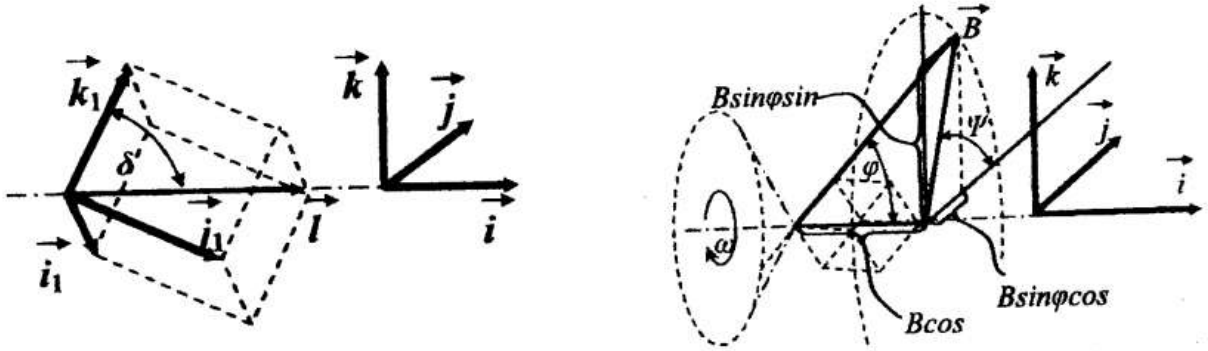
При решении задач в разделе электродинамики общего курса физики векторное представление физических величин используется сравнительно редко. Однако лаконичное и абсолютно полное по информации векторное представление физических величин дает возможность решения достаточно сложных задач наглядно и красиво. Приведем решение одной такой задачи

*Задача. Проволочный кубик равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг пространственной диагонали. Длина ребра кубика  $a$ , электрическое сопротивление каждого ребра  $R$ . Определить минимальную и максимальную возможные тепловые мощности, возникающие к кубике в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ .*

Направим индукцию магнитного поля под произвольным углом  $\varphi$  к оси вращения кубика. Наиболее просто можно задать изменение взаимной ориентации кубика и магнитного поля в системе отсчета, имеющей



один орт  $\vec{i}$ , направленный вдоль пространственной оси кубика, а второй орт — лежащий в одной плоскости с каким-либо ребром кубика, например  $\vec{k}$ . В этой системе третий орт  $\vec{j} = \vec{k} \times \vec{i}$ . Однако для определения потоков магнитной индукции через грани кубика удобнее система отсчета, имеющей орты, направленные вдоль ребер кубика  $\vec{i}_1, \vec{j}_1$  и  $\vec{k}_1$ .



Рассмотрим кубик, составленный из ортов  $\vec{i}_1, \vec{j}_1$  и  $\vec{k}_1$ . В этой системе длина пространственной диагонали  $l$  и единичный орт  $\vec{i}$  вдоль нее:  $\vec{l} = \vec{i}_1 + \vec{j}_1 + \vec{k}_1, |\vec{l}| = \sqrt{3}$  и  $\vec{i} = \frac{\vec{l}}{|\vec{l}|} = \frac{\vec{i}_1 + \vec{j}_1 + \vec{k}_1}{\sqrt{3}}$ . Разложим  $\vec{k}_1$  на составляющие вдоль  $\vec{i}$  и  $\vec{k}$ :  $\vec{k}_1 = (|\vec{k}_1| \cos \delta) \vec{i} + (|\vec{k}_1| \sin \delta) \vec{k}$ . С учетом  $|\vec{k}_1| = 1$  имеем  $\vec{k}_1 = \frac{\vec{i}}{\sqrt{3}} + \sqrt{\frac{2}{3}} \vec{k}$ , откуда  $\vec{k} = \sqrt{\frac{3}{2}} \vec{k}_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{i} = \sqrt{\frac{2}{3}} \vec{k}_1 - \frac{\vec{i}_1}{\sqrt{6}} - \frac{\vec{j}_1}{\sqrt{6}}$ .

$$\text{Тогда } \vec{j} = \left[ \sqrt{\frac{2}{3}} \vec{k}_1 - \frac{\vec{i}_1}{\sqrt{6}} - \frac{\vec{j}_1}{\sqrt{6}} \right] \times \left[ \frac{\vec{i}_1 + \vec{j}_1 + \vec{k}_1}{\sqrt{3}} \right] = \frac{\vec{j}_1 - \vec{i}_1}{2}.$$

Определим вид вектора индукции магнитного поля через орты выбранных систем координат. Из рисунка видно, что в произвольный момент времени  $t$ :  $\vec{B} = |\vec{B}| \cos \varphi \cdot \vec{i} + |\vec{B}| \sin \varphi \cos \psi \cdot \vec{j} + |\vec{B}| \sin \varphi \sin \psi \cdot \vec{k}$ , где  $|\vec{B}|$  — численное значение индукции магнитного поля,  $\psi = \psi_0 + \omega t$ ,  $\psi_0$  — угол наклона вектора  $\vec{B}$  в начальный момент времени к плоскости, в которой лежат орты  $\vec{i}$  и  $\vec{k}$ .

Скорость изменения вектора магнитной индукции:

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{B}}{dt} &= |\vec{B}| \omega \sin \varphi = \\ &= |\vec{B}| \omega \sin \varphi \left\{ \left( \frac{2\vec{k}_1 - \vec{i}_1 - \vec{j}_1}{\sqrt{6}} \right) \cos \psi - \left( \frac{\vec{i}_1 - \vec{j}_1}{\sqrt{2}} \right) \sin \psi \right\}. \end{aligned}$$

Найдем ЭДС индукции, возбуждаемые в контурах граней кубика. С учетом правил скалярного умножения векторов получим:

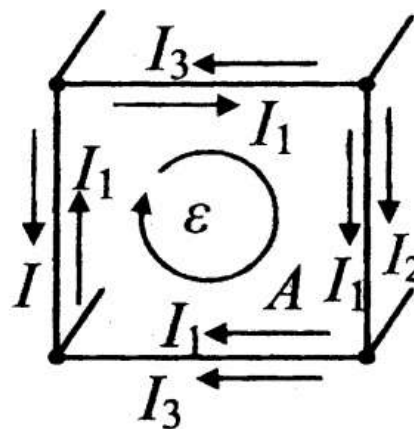
$$\varepsilon_A = -\frac{d\Phi_A}{dt} = -a^2 \left( \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot \vec{i}_1 \right) = \frac{a^2 |\vec{B}| \omega \sin \varphi}{\sqrt{6}} (\cos \psi - \sqrt{3} \sin \psi),$$

$$\varepsilon_B = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -a^2 \left( \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot \vec{j}_1 \right) = \frac{a^2 |\vec{B}| \omega \sin \varphi}{\sqrt{6}} (\cos \psi + \sqrt{3} \sin \psi),$$

$$\varepsilon_C = -\frac{d\Phi_C}{dt} = -a^2 \left( \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot \vec{k}_1 \right) = \frac{a^2 |\vec{B}| \omega \sin \varphi}{\sqrt{6}} \cdot \cos \psi.$$

Здесь  $\varepsilon_A, \varepsilon_B$  и  $\varepsilon_C$  — ЭДС для граней, перпендикулярных соответственно ортам  $\vec{i}_1, \vec{j}_1$  и  $\vec{k}_1$ .

Обозначим токи контуров этих граней соответственно  $I_1, I_2$  и  $I_3$ . Определим эти токи с помощью правил Кирхгофа.



Для грани А:  $\varepsilon_A = r(I_1 + I_2) + r(I_1 - I_2) + r(I_1 + I_3) + r(I_1 - I_3) = 4rI_1$ ,  $I_1 = \frac{\varepsilon_A}{4r}$ ; для грани В —  $I_2 = \frac{\varepsilon_B}{4r}$  и для грани С —  $I_3 = \frac{\varepsilon_C}{4r}$ . Тогда общая мощность

$$\begin{aligned} P &= 2(I_1 + I_2)^2 r + 2(I_1 - I_2)^2 r + 2(I_1 + I_3)^2 r + 2(I_1 - I_3)^2 r + \\ &+ 2(I_2 + I_3)^2 r + 2(I_2 - I_3)^2 r = 8r(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2) = \frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2}{2r} = \\ &= \frac{a^4 |\vec{B}|^2 \omega^2 \sin^2 \varphi}{2r} \left( \frac{1}{3} \cos^2 \psi + \sin^2 \psi + \frac{2}{3} \cos^2 \psi \right) = \frac{a^4 |\vec{B}|^2 \omega^2 \sin^2 \varphi}{2r}. \end{aligned}$$

Максимальная тепловая мощность  $P_{\max} = \frac{\alpha^4 |\vec{B}|^2 \omega^2}{2r}$ ,  $P_{\min} = 0$ , что реализуется в магнитном поле, соответственно перпендикулярном оси вращения ( $\varphi = \pi/2$ ) и в параллельном оси вращения ( $\varphi = 0$ ).

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЕКТОРОВ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО МЕХАНИКЕ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Брацыхин В.М., Брацыхина Л.И.

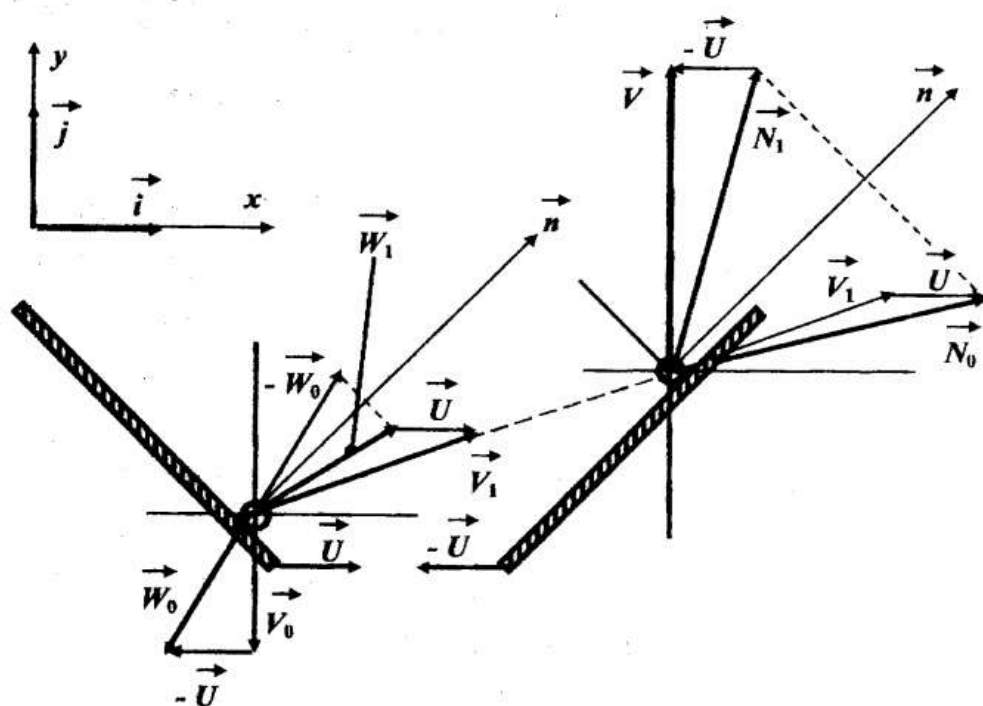
Почти все используемые в механике физические величины имеют векторный характер и при решении задач, как правило, неизбежны операции над векторами. Однако при этом используются простейшие операции — разложение векторов на составляющие, векторное суммирование, скалярное или векторное произведения — к тому же чаще всего одноразово. И ученики, и студенты, к сожалению, не используют в полном объеме развитый в школьном курсе математики аппарат описания пространственных фигур и геометрических преобразований с помощью векторов. Более того, и имеющиеся методические разработки по решению задач по физике и учебники по методике физики также не уделяют должного внимания этой проблеме. Тем не менее, использование преобразования векторов в качестве одного из инструментов решения задач часто дает более наглядное и красивое решение. В качестве иллюстрации приводим решение следующей задачи.

*Задача. Две массивные пластины, наклоненные к горизонту под равными углами  $\alpha = 45^\circ$ , движутся горизонтально навстречу друг другу с равными скоростями относительно поверхности Земли вдоль одной прямой. На одну из них вертикально со скоростью  $V_0 = 5$  м/с падает шарик и после соударений с обеими пластинами летит вертикально вверх со скоростью  $V = 15$  м/с. Определить скорости пластин. Влиянием силы тяжести шарика между ударами пренебречь, считать оба удара абсолютно упругими.*

Введем три системы отсчета — лабораторную систему отсчета  $xOy$  с осями  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$ , систему, связанную с левой пластиной и систему, связанную с правой пластиной. Пусть скорости шарика в лабораторной систе-



ме отсчета до удара  $\vec{V}_0$ , после соударения с левой пластиной  $\vec{V}_1$ , после соударения с правой пластиной  $\vec{V}$ ; в системе отсчета, связанной с левой пластиной соответственно до удара с ней  $\vec{W}_0$ , после удара  $\vec{W}_1$ ; в системе отсчета, связанной с правой пластиной соответственно до удара с ней  $\vec{N}_0$ , после удара  $\vec{N}_1$ ; скорости пластин в лабораторной системе  $\vec{U}$  и  $-\vec{U}$ . Геометрическое построение указанных скоростей приведено на рисунке. Проведем аналитическое описание всех векторов скоростей.



До соударения с левой пластиной:  $\vec{W}_0 = -U\vec{i} - V_0\vec{j}$ ;  $-\vec{W}_0 = U\vec{i} + V_0\vec{j}$ .

После упругого удара с левой пластиной вектор скорости шарика  $\vec{W}_1$  будет симметричным относительно нормали  $\vec{n}$  вектору  $(-\vec{W}_0)$ . Учитывая, что нормаль наклонена к оси  $Ox$  под углом  $\pi/4$ , получаем обмен проекциями вдоль осей  $Ox$  и  $Oy$ :  $\vec{W}_1 = V_0\vec{i} + U\vec{j}$ .

После соударения с левой пластиной:  $\vec{V}_1 = V_0\vec{i} + U\vec{j} + U\vec{i} = (V_0 + U)\vec{i} + U\vec{j}$ .

До соударения с правой пластиной:  $\vec{N}_0 = \vec{V}_1 + U\vec{i} = (V_0 + 2U)\vec{i} + U\vec{j}$ .

После упругого удара с правой пластиной вектор скорости шарика  $\vec{N}_1$  будет симметричным относительно нормали  $\vec{n}$  вектору  $\vec{N}_0$  и поэтому:  $\vec{N}_1 = (V_0 + 2U)\vec{i} + U\vec{j}$ .

Вернемся в лабораторную систему отсчета и получим:

$$\vec{V} = \vec{N}_1 - U\vec{i} = (V_0 + 2U)\vec{j} + U\vec{i} - U\vec{i} = (V_0 + 2U)\vec{j} = V\vec{j}$$

$$V = V_0 + 2U \Rightarrow U = \frac{V - V_0}{2} = 5 \text{ м/с.}$$

## ПРО МОЖЛИВІСТЬ ПОШИРЕННЯ МЕХАНІЗМУ СЕНСИБІЛІЗАЦІЇ ДО РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ІНШІ СПОЛУКИ

Шовкопляс О.А., Лопаткін Ю.М.

В руслі загального дослідження механізмів радіаційної чутливості шарів зі сполуками ртуті виявлених і пояснених фотографічний ефект, що протікає під час реєстрації іонізуючого випромінювання. Передумовою для такої реєстрації є утворення молекулярних ланцюгів типу  $Cl - (Hg)_n - Cl$ .

Задачею даної роботи є дослідження можливості поширення досліджуваного механізму сенсибілізації шарів до рентгенівського випромінювання на молекули з іншими елементами. Зокрема, становить зацікавленість вивчення подібних ефектів у шарах, що містять хлориди елементів тієї ж підгрупи періодичної системи, що і ртуть. Для вирішення цієї задачі пропонується використання квантово-хімічних методів самоузгодженого поля з конфігураційною взаємодією.

Для утворення молекулярних ланцюгів необхідною умовою є створення радикалів  $Cl - Me$ , які здатні рекомбінувати між собою з утворенням сполуки  $Cl - Me - Me - Cl$  і далі  $Cl - (Me)_n - Cl$ . Підставою вважати існування можливості утворення вказаних радикалів і їх рекомбінації є існування в природі каломелі. Проте, природної сполуки  $Cl - Zn - Zn - Cl$  не існує. Тобто, виникає необхідність також з'ясувати причину цього явища.

Розрахунки за методом РМ-3 показують, що в усіх зазначених випадках рекомбінація радикалів  $Cl - Me$  енергетично вигідна, але у випадку  $Me = Zn$  рекомбінації радикалів перешкоджає енергетичний бар'єр на потенціальній поверхні, який для випадку  $Me = Hg$  не спо-

стерігається. Передбачається, що бар'єр виникає внаслідок диполь-дипольного відштовхування, яке проявляється на відстанях, більших 4-5 Å. При зменшенні відстані переважає обмінна взаємодія, що забезпечує утворення сполуки.

При збільшенні числа атомів металу в молекулярному ланцюзі чи при утворенні комплексу з молекулами аміаку спостерігається зсув спектрів в довгохвильову область, що можна використовувати для сенсibilізації до видимій області.



**НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ І СТУДЕНТІВ  
МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ  
(14-29 квітня)**

**ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

Стиль та орфографія авторів збережені.

Підписано до друку 20.04.2004. Формат 60 × 84 1/16.

Обл.-вид. арк. 7,72. Умовн. друк. арк. 8,37. Наклад 60 прим.

Замовлення № 218.

---

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