



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ та програма

## НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,  
АСПРАНТІВ І СТУДЕНТІВ

ФАКУЛЬТЕТУ  
ЕЛЕКТРОНІКИ  
та ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

21-24 квітня 2009 р.



Суми  
Видавництво СумДУ  
2009

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МАТЕРІАЛИ**  
**та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

викладачів, співробітників, аспірантів і студентів

ФАКУЛЬТЕТУ  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

21-24 квітня 2009 р.

Суми  
Видавництво СумДУ  
2009

## ***Шановні колеги!***

*Факультет електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів.*

*Конференція відбудеться з 21 по 24 квітня 2009 року.*

*Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, наведені у програмі.*

*Адреса університету:*

*40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.*

*Телефон для довідок 33-71-44.*

## **Секції конференції**

1. Нанoeлектроніка.
2. Електронне приладобудування.
3. Фізичні основи мікро- і нанoeлектроніки.
4. Теоретична фізика.
5. Експериментальна фізика.
6. Енергозбереження в електроенергетиці.
7. Електронні системи і засоби кодування інформації.
8. Автоматика, електромеханіка і системи управління.

Голова оргкомітету

доцент С.І. Проценко

# ПРОГРАМА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

## СЕКЦІЯ 1 «НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Олемской О.І.

Секретар секції – асп. Мокренко О.А.

**Початок:** 21 квітня 2009 р., ауд. ЕТ 204, 12<sup>45</sup>

1. Мультифрактальный анализ самоподобных временных рядов.  
Докладчики: асп. Борисюк В.М.,  
проф. Олемской А.И.
2. Самоподобие деформированного статистического ансамбля.  
Докладчики: студ. Вайленко А.С.,  
проф. Олемской А.И.
3. Самоорганизация квазиравновесной стационарной конденсации в накопительных ионно-плазменных системах.  
Докладчики: студ. Ефименко В.М.,  
док. Косминская Ю.А.,  
проф. Перекрестов В.И.,  
ассист. Корнющенко А.С.,
4. Зарождение и рост конденсатов алюминия на атомно-шероховатой поверхности КСІ.  
Докладчики: асп. Мокренко А.А.,  
проф. Перекрестов В.И.
5. Аллотропная селективность в системе углеродная плазма-конденсат.  
Докладчики: студ. Зябло Я.А.,  
проф. Перекрестов В.И.

6. Закономерности формирования структуры металлических конденсатов на начальном этапе роста в квазиравновесных стационарных условиях.

Докладчики: студ. Шапошник М.В.,  
док. Косминская Ю.А.,  
проф. Перекрестов В.И.,  
ассист. Корнющенко А.С.

7. Определение выхода рентгеновского излучения под действием пучка протонов.

Докладчик – студ. Дрозденко М.А.

8. Синергетическое описание коллективного движения активных частиц.

Докладчики: студ. Баранова А.Ш.,  
доц. Ющенко О.В.

9. Влияние периодического рельефа алмазных поверхностей на поведение граничных смазок, сжатых между ними.

Докладчики: студ. Гавриленко С.Л.,  
асп. Проданов Н.В.,  
доц. Хоменко А.В.

10. Синергетическое представление кинетики плавления ультратонкой пленки смазки

Докладчики: студ. Гламаздина Н.С.,  
доц. Хоменко А.В.,  
ассист. Ляшенко Я.А.

11. Режимы формирования предельных зернистых структур при интенсивной пластической деформации.

Докладчики: студ. Криловецкая А.И.,  
доц. Хоменко А.В.,  
ассист. Ляшенко Я.А.

12. Взаємодія жорсткого штампу з пружною смугою.

Доповідачі: студ. Жиленко Т.І.,  
асист. Дрозденко О.О.

13. О возможности построения квазиоптического направленного ответвителя на дифракционно-связанных линиях передачи.

Докладчики: асп. Рибалко А.А.,  
асп. Шульга Ю.В.,  
студ. Дорошенко Д.Ю.

14. Анализ баллистокардиографических систем.

Докладчики: студ. Белошапка И.В.,  
студ. Витковский В.В.,  
доц. Ющенко О.В.

15. Исследование биологических объектов методом рентгеновской компьютерной томографии.

Докладчики: студ. Богдановский А.А.,  
студ. Шумицкий С.М.,  
доц. Ющенко О.В.

16. Применение новых тест-объектов для юстировки растрового электронного микроскопа.

Докладчики: студ. Довгошея Д.А.,  
доц. Соколов С.В.

## СЕКЦІЯ 2 «ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Голова секції – к. ф.-м. н., доц. Шпетний І.О.

Секретар секції – асп. Синашенко О.В.

**Початок:** 23 квітня 2009 р., ауд. Ц 325Б, 15<sup>00</sup>

1. Фізичні процеси у плівковому спіні-клапані.

Доповідач – студ. Шабельник Ю.М.

Керівники: проф. Проценко І.Ю.,  
асист. Чешко І.В.

2. Дослідження характеристик РС-генераторів.

Доповідач – студ. Олійник В.А.

Керівник – доц. Однодворець Л.В.

3. Методика вимірювання коефіцієнта передачі струму діодної оптопари.

Доповідач – студ. Коросташівець О.П.

Керівник – доц. Однодворець Л.В.

4. Дослідження робочих параметрів і характеристик польових транзисторів.

Доповідач – студ. Терещенко О.С.

Керівник – доц. Однодворець Л.В.

5. Апаратно-програмний комплекс дослідження терморезистивних властивостей тонких плівок.

Доповідачі: асп. Зленко В.О.,

маг. Каверін М.В.

Керівник – доц. Проценко С.І.

6. Автоматизована система вакуумної конденсації плівок.

Доповідач – студ. Ценцера О.О.

Керівник – м.н.с. Великодний Д.В.

7. Використання плівкової системи Fe/Cr як чутливого елемента датчика тиску.  
Доповідач – студ. Сироваткін М.М.  
Керівник – м.н.с. Пазуха І.М.
8. Плівкові чутливі елементи тензодатчиків.  
Доповідач – студ. Черниш М.Г.  
Керівник – проф. Проценко І.Ю.
9. Використання генетичних алгоритмів для обробки експериментальних даних, отриманих методом еліпсометрії та рентгенівської рефлектометрії (XRR).  
Доповідачі: студ. Тищенко К.В.,  
студ. Федченко О.В.  
Керівник – доц. Проценко С.І.
10. Використання віртуальних інструментів Labview для побудови remote-лабораторій фізичного експерименту.  
Доповідач – студ. Годунов М.М.  
Керівник – доц. Проценко С.І.
11. LOW-COST скануючий тунельний мікроскоп.  
Доповідачі: студ. Булатов С.А.,  
асп. Демиденко М.Г.  
Керівник – доц. Проценко С.І.
12. Вплив температури на параметри коливального контуру.  
Доповідач – уч. Волк Ю.  
Керівники: Щеглов С.В.,  
студ. Булатов С.А.



13. Ламповий підсилювач.

Доповідач – уч. Родін В.  
Керівники: Щеглов С.В.,  
студ. Булатов С.А.

14. Телеграфія та радіомовлення.

Доповідачі: уч. Применко Т.,  
уч. Брязкун З.,  
уч. Щеглов В.,  
уч. Моїсеєнко В.  
Керівники: Щеглов С.В.,  
студ. Булатов С.А.

15. Вивчення структури сонячних елементів.

Доповідачі: маг. Талалай Є.А.,  
асп. Абід Аль-Карім М. Мухаммед  
Керівник – Кульментьєва О.П.

**СЕКЦІЯ 3 «ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В МАТЕРІАЛАХ МІКРО-  
І НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»**

До 100-річчя з дня народження  
проф. Л.С.Палатника

Голова секції – к. ф.-м. н., доц. Однодворець Л.В.

Секретар секції – асп. Ткач О.П.

**Початок:** 23 квітня 2009 р., ауд. Ц 326, 15<sup>00</sup>

1. Вступне слово проф. Проценка І.Ю.

2. Фазовий склад плівок на основі Fe, Cr і Pd.

Доповідач – студ. Черниш М.Г.  
Керівник – доц. Шумакова Н.І.

3. Процеси фазоутворення у багатошарових плівкових системах на основі алюмінію та титану.

Доповідачі: студ. Воробйов С.І.,  
студ. Шабельник Ю.М.

Керівники: проф. Черноус А.М.,  
асист. Степаненко А.О.

4. Магніторезистивні властивості багатошарових плівкових систем на основі Fe і Cr.

Доповідачі: маг. Білинська О.М.,  
асп. Синашенко О.В.

Керівник – доц. Шумакова Н.І.

5. Магніторезистивні властивості багатошарових плівкових систем на основі Fe і Cu.

Доповідачі: маг. Білинська О.М.,  
асп. Синашенко О.В.

Керівник – проф. Проценко І.Ю.

6. Електрофізичні властивості плівкової системи на основі міді та ванадію в умовах фазоутворення.

Доповідачі: маг. Кусенко Д.В.,  
студ. Матрос А.О.

Керівник – доц. Шпетний І.О.

7. Електропровідність плівкових сплавів CoNi в області малих товщин.

Доповідачі: доц. Салтикова А.І.,  
м.н.с. Шкурдода Ю.О.,  
викл. Кравченко В.О.

Керівник – доц. Лобода В.Б.

8. Адгезія тонких плівок міді.  
Доповідач – уч. Шумакова М.О.  
Керівник – проф. Проценко І.Ю.
9. Изучение влияния ультразвука на покрытия из TiN.  
Докладчик – асп. Ахмад М. Махмуд  
Руководитель – доц. Кульментьева О.П.
10. Взаємодія кластерних та іонних пучків з поверхнею твердих тіл.  
Доповідач – маг. Макаренко Р.М.  
Керівники: доц. Кульментьева О.П.,  
п.н.с. Кульментьев О.І.

#### СЕКЦІЯ 4 «ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Лопаткін Ю.М.  
Секретар секції – к.ф.-м.н., ст. викл. Вітренко А.М.

**Початок:** 24 квітня 2009 р., ауд. ЕТ 312, 15<sup>20</sup>

1. Вплив ефектів генерації додаткових магнітних полів на фізичні процеси в електронно-хвильових лазерах на вільних електронах.  
Докладчики: асист. Ромбовский М.Ю.,  
студ. Еськов И.Е.,  
проф. Кулиш В.В.,  
доц. Лысенко А.В.
2. Формирование волн пространственного заряда с широким спектром в двухпоточковой релятивистской электронной системе.  
Докладчики: асист. Ромбовский М.Ю.,  
студ. Чернов В.В.,  
доц. Лысенко А.В.

3. Квадратично-нелинейная теория плазма-пучкового супергетеродинного лазера на свободных электронах с Н-убитронной накачкой.

Докладчики: ассист. Коваль В.В.,  
студ. Булатов С.А.,  
проф. Кулиш В.В.,  
доц. Лысенко А.В.

4. Механизмы насыщения супергетеродинных плазма-пучковых лазеров на свободных электронах с доплертронной накачкой.

Докладчики: ассист. Коваль В.В.,  
студ. Рогоз В.Н.,  
проф. Кулиш В.В.,  
доц. Лысенко А.В.

5. Квадратично-нелинейная теория параметрического резонанса пучковых волн в двухскоростном электронном пучке.

Докладчики: ассист. Ромбовский М.Ю.,  
студ. Якушенко І.В.,  
проф. Кулиш В.В.,  
доц. Лысенко А.В.

6. Влияние параметрического резонанса продольных волн на формирование спектра пучковых волн.

Докладчики: ассист. Ромбовський М.Ю.,  
студ. Якушенко І.В.,  
доц. Лисенко А.В.

7. Застосування фракталів та створення програми для побудови фрактального дерева.

Доповідачі: студ. Захарченко В.П.,  
студ. Шмарай Д.В.,  
доц. Ігнатенко В.М.,  
ст. викл. Захарова В.М.

8. Способи переключення намагніченості ферромагнітних наночастиц

Докладчики: студ. Поляков А.Ю.,  
доц. Лютий Т.В.

9. Транспорт в случайном рэтчет-потенцале.

Докладчики: студ. Рот-Серов А.В.,  
доц. Лютий Т.В.

10. Применение численного моделирования к определению энтропии системы многих частиц.

Докладчики: студ. Поляков П.Ю.,  
студ. Керц А.К.,  
доц. Панченко Л.Н.,  
доц. Боровик В.А.

**СЕКЦІЯ 5 «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»**

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Лопаткін Ю.М.

Секретар секції – к.ф.-м.н., ст. викл. Вітренко А.М.

**Початок:** 24 квітня 2009 р., ауд. ЕТ 312, 13<sup>00</sup>

1. Енергетична структура солі діазонію.

Доповідачі: студ. Криштоп І.,  
проф. Лопаткін Ю.М.

2. Сенсibiliзація диасослоєв к іонизующому излучению.

Докладчики: студ. Золотухина Н.И.,  
проф. Лопаткин Ю.М.

3. Физические свойства слоёв на основе  $A_2B_7$  для регистрации ионизирующего излучения.

Докладчики: студ. Мужецький А.И.,  
ст. преп. Шовкопляс О.А.,  
проф. Лопаткин Ю.М.

4. Structural characteristics of CdSe films deposited by a CSVS method.

Доповідачі: уч. Шевченко О.А.,  
асп. Іващенко М.М.,  
доц. Опанасюк А.С.

5. Структурні властивості шарів ZnTe у гетеропереході ZnTe/CdTe.

Доповідачі: інж. I кат. Колесник М.М.,  
студ. Ткач П.Ю.,  
доц. Опанасюк А.С.

6. Sublimation and microstructural investigations of ZnS/CdTe heterojunction.

Доповідачі: уч. Скорба Д.В.,  
асп. Іващенко М.М.,  
доц. Опанасюк А.С.

7. Особливість поширення звукових хвиль у пружних стержнях.

Доповідачі: с.н.с. Брацихін В.М.,  
доц. Брацихіна Л.І.

8. Динамічний метод визначення приєднаної маси.

Доповідачі: с.н.с. Брацихін В.М.,  
зав. НДЦ ННП Лопаткін Р.Ю.

9. Розв'язання оберненої задачі еліпсометрії для моделі ідеальної ізотропної поверхні.

Доповідачі: студ. Гордієнко І.О.,  
доц. Ігнатенко В.М.

10. Исследование содержания тяжелых металлов в воздухе методом абсорбционного анализа.

Докладчики: студ. Хижняк Т.А.,  
доц. Кшнякина С.И.

11. Дослідження фазового складу і структури систем на основі  $TiO_2$  методом рентгеноструктурного аналізу.

Доповідачі: студ. Карабаза А.А.,  
доц. Кшнякіна С.І.,  
доц. Кшнякін В.С.

12. Анализ энергетического выхода ядерных реакций.

Докладчики: студ. Дегтярь В.В.,  
ст. преп. Захарова В.М.

## СЕКЦІЯ 6 «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

Голова секції – к. т. н., доц. Лебединський І.Л.

Секретар секції – к.ф.-м.н., асист. Косяк В.В.

**Початок:** 23 квітня 2009 р., ауд., ЕТ 216 15<sup>00</sup>

1. Виртуальные лабораторные стенды.

Докладчики: асп. Маслов В.А.,  
доц. Лебединский И.Л.

2. Солнечные коллекторы с вакуумными трубками.

Докладчики: студ. Политучий С.А.,  
ассист. Лебедка С.Н.

3. Актуальність використання вітрогенераторів в Україні.  
Доповідачі: студ. Постол М.О.,  
доц. Лебединський І.Л.
4. Геотермальная электроэнергетика.  
Докладчики: студ. Шаповал В.А.,  
доц. Лебеда С.Н.
5. Расчёт фотоэлектрической системы.  
Докладчики: студ. Острога Р.О.,  
студ. Московченко И.А.,  
ст. викл. Сенченко В.Н.
6. Використання еквівалентних схем для розрахунків параметрів напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів.  
Доповідач – асист. Косяк В.В.
7. Расчёт пробивного напряжения шарового разрядника.  
Докладчики: студ. Афанасьев В.В.,  
студ. Неелов Р.А.,  
ст. преп. Петровский М.В.
8. Моделювання сталих режимів електричних мереж 6 кВ при замиканнях на землю.  
Доповідачі: студ. Шолудько Є.В.,  
асист. Лебеда С.М.
9. Розробка математичної моделі трансформатора з використанням фазних координат.  
Доповідачі: студ. Ярошенко Д.В.,  
асист. Лебеда С.М.



10. Прогнозирование электрических нагрузок.

Докладчики: студ. Михалко В.Г.,  
ст. преп. Ноздренков В.С.,  
инж. Мошенский И.В.

11. Особливості застосування асимптотичного методу Крилова-Боголюбова-Митропольського при дослідженні сильно дисипативних коливальних систем.

Доповідачі: студ. Ткач П.Ю.,  
студ. Назаров М.С.,  
доц. Пузько І.Д.

12. Моделирование эффективности применения автономных газотурбинных и газопоршневых электростанций.

Докладчики: студ. Диденко Т.А.,  
доц. Романовский В.И.

13. Лабораторний стенд для дослідження характеристик трифазного синхронного генератора.

Докладчики: студ. Фомин К.С.,  
доц. Муриков Д.В.,  
доц. Василега П.О.

**СЕКЦІЯ 7 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ  
КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»**

Голова секції – д. т. н., проф. Борисенко О.А.

Секретар секції – доц. Новгородцев А.І.

**Початок:** 21 квітня 2009 р., ауд. ЕТ 236, 13<sup>25</sup>  
22 квітня 2009 р., ауд. ЕТ 236, 13<sup>25</sup>

1. Построение системы передачи данных для каналов связи с различным уровнем помех.

Докладчики: доц. Бережная О.В.

студ. Басова Н.М.

студ. Горлач А.О.

2. «Метрологический наблюдатель» в автоматизированных системах коммерческого учёта электроэнергии.

Докладчики: ст. преп. Арбузов В.В.

студ. Еськов И.Е.

студ. Бережной А.И.

3. Параметрическая идентификация нестационарных динамических процессов.

Докладчики: доц. Новгородцев А.И.

инж. Любимый А.А.,

с.н.с. Покотило В.Н.

4. Метод динамического программирования в управлении многомерными объектами.

Докладчики: доц. Новгородцев А.И.,

студ. Ладная Ю.А.,

студ. Вербицкий В.Д.

5. Метод получения факториальных чисел.  
Докладчик – асп. Горячев А.Е.
6. Оценка эффективности сжатия методом нумерации сообщений на основе биномиальных чисел.  
Докладчики: студ. Коломиец А.В.,  
ст. преп. Протасова Т.А.
7. Шляхи удосконалення деревообробних верстатів.  
Доповідачі: доц. Онанченко Є.Л.,  
студ. Пашко А.М.
8. Двоично-каноническое кодирование.  
Докладчики: доц. Кулик И.А.,  
студ. Скордина О.М.
9. Влияние помех в цифровых системах передачи речевой информации.  
Докладчики: студ. Поляков А.Ю.,  
доц. Лопатченко Б.К.,  
инж. Любивый А.А.
10. Методы модернизации технологического процесса промышленной сварки.  
Докладчики: доц. Лопатченко Б.К.,  
студ. Рот-Серов А.В.
11. Оценка эффективности мажоритарного принципа кодирования.  
Докладчики: доц. Кулик И.А.,  
студ. Кравченко Е.А.,  
студ. Семоненко Л.Г.

12. Проблеми розробки та побудови системи супутникової навігації.

Докладчики: доц. Зубань Ю.О.,  
студ. Крючко Е.В.

13. Автоматизированная система управления теплоснабжением.

Докладчик – студ. Шаповалов С.С.

14. Устройство маршрутизации и передачи данных в сети Ethernet.

Докладчики – студ. Докашенко Н.С.

15. Управляемый коммутатор с функциями автоматического учёта услуг в телекоммуникационных сетях.

Докладчики: ассист. Гриненко В.В.,  
студ. Сирик А.А.

16. Адаптивная система передачи данных на основе циклических кодов.

Докладчики: студ. Корчан И.Н,  
ст. преп. Протасова Т.А.

17. Выбор и исследование циклических кодов для систем передачи данных.

Докладчики: доц. Онанченко Е.Л.,  
студ. Кетов Д.В.

18. Коммутаторы как оптимальное средство развития телекоммуникационных сетей.

Докладчики: ст. преп. Арбузов В.В.,  
студ. Святашов И.О.

19. О применении средств технической защиты информации.

Докладчик – студ. Дегтяр С.А.

20. Комбинаторная защита данных на основе плоскостных кодов.

Докладчики: доц. Кулік І.А.,  
студ. Протасова Е.О.,  
студ. Сорокина Е.Я.

21. Оценка помехоустойчивости унитарных биномиальных счетчиков.

Докладчики: асп. Петров В.В.,  
студ. Гусаков А.А.,  
студ. Кремезный В.В.

22. Помехоустойчивость линейного дешифратора.

Докладчики: проф. Борисенко А.А.,  
асп. Гутенко Д.В.

## **СЕКЦІЯ 8 «АВТОМАТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ»**

Голова секції – к.т.н., доц. Черв'яков В.Д.

Секретар секції – ст. викл. Панич А.О.

**Початок:** 22 квітня 2009 р., ауд. ЕТ-302, 15<sup>00</sup>

1. Інтелектуальні системи керування по контролю й обліку енергоносіїв офісних і житлових приміщень.

Доповідачі: студ. Глушан В.О.,  
доц. Баравий В.Т.

2. Аспекти моделювання мікропроцесорних систем у навчальному процесі.

Доповідачі: студ. Лисиця О.Р.,  
доц. Баравий В.Т.

3. АСКУЗ установки осушки газу.

Доповідачі: студ. Берест О.Б.,  
доц. Самедов Ю.Ф.

4. Система технічного обліку електроенергії.

Доповідачі: студ. Комлик Ю.М.,  
доц. Самедов Ю.Ф.

5. Принципы проектирования компьютерных сетей нового поколения на базе адаптивной маршрутизации и мульти-агентного управления.

Докладчики: студ. Ерыкалов Н.Н.,  
ассист. Толбатов А.В.

6. Визначення послідовності етапів реінжинірінгу бізнес-процесів промислового підприємства.

Доповідач – доц. Толбатов В.О.

7. Сучасний стан теорії і практики обробки випадкових сигналів в інформаційних трактах системи моніторингу.

Доповідач – ассист. Толбатов О.В.,

8. Обзор и актуальность современных PDM систем

Докладчики: студ. Десятов Д.А.,  
ассист. Толбатов А.В.

9. Модели и методы адаптивной и мульти-агентной маршрутизации.

Докладчики: студ. Ерыкалов Н.Н.,  
доц. Толбатов В.А.

10. Перспективы развития корпоративных систем связи.

Докладчики: асист. Толбатов А.В.,  
студ. Толбатов С.В.,  
студ. Мамонтов В.Г.

11. Параметры качества сети IP-телефонии.

Докладчики: студ. Мамонтов В.Г.,  
доц. Толбатов В.А.

12. Методы защиты от ошибок при передаче информации.

Докладчики: студ. Сырицына Т.М.,  
ассист. Толбатов А.В.

13. Современные системы управления предприятием класса ERP.

Докладчик – студ. Толбатов С.В.

14. Визначення необхідної надлишковості елементів при резервуванні системи.

Доповідачі: студ. Толбатов С.В.,  
доц. Журавльов О.Ю.

15. Автоматизированное управление процессом производства жидкой углекислоты на Одесском припортовом заводе.

Докладчики: студ. Момот С.Н.,  
доц. Павлов А.В.

16. Автоматизированная система управления процессом сублимации при производстве жидких биопрепаратов.

Докладчики: студ. Дяченко М.А.,  
доц. Павлов А.В.

17. Анализ современного состояния систем автоматизации насосных станций.

Докладчик – студ. Щекотов А.М.,  
Руководитель – доц. Червяков В.Д.

18. Оптимальне за енерговитратами управління електроприводом в задачах змінення моменту електродвигуна

Доповідач – студ. Бережний О.І.,  
Керівник – інж. Щокотова І.В.

19. Можливості застосування сучасних мікроконтролерів в засобах системної інженерії

Доповідачі: студ. Москаленко В.В.,  
доц. Войченко Г.І.

20. Оптимізація параметрів тахограми зворотного ходу летючої пили.

Доповідачі: студ. Доброжан О.А.,  
ст. викл. Панич А.О.

21. Аналіз сучасних змагань робототехнічних та мехатронних пристроїв.

Доповідачі: студ. Погарський М.В.,  
студ. Курилова Н.В.,  
ст. викл. Панич А.О.



22. Порівняльний аналіз електромеханічних систем рекуперації кінетичної енергії мобільних засобів.

Доповідачі: студ. Погарський М.В.,  
пров. фах. Сніжко А.А.

23. Перспективи розвитку електроприводу на базі синхронних машин.

Доповідач – пров. фах. Сніжко А.А.

**СЕКЦІЯ 1**

**«НАНОЕЛЕКТРОНІКА»**

## МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ САМОПОДОБНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Олемской А.И., *профессор*; Борисюк В.Н., *аспирант*

Временной ряд представляет собой последовательность значений исследуемой величины, зафиксированных через равные промежутки времени. Как правило, временными рядами представляются случайные изменения величин, наиболее популярные примеры, которых дают колебания обменных курсов валют и временные изменения других экономических показателей. Естественное представление наблюдений природных явлений также водится к временным рядам измерений температуры воздуха, количества садков, скорости ветра и других метеорологических данных. Кроме экономики и метеорологии, временные ряды широко используются в медицине, где наиболее яркий пример даёт электрокардиограмма сердца, а также при описании стохастических процессов в физике, химии, социологии и других областях науки и техники.

Статистическое описание самоподобных временных рядов проводилось в рамках метода мультифрактального флуктуационного анализа (МФФА). Точность результатов расчета указанным методом протестирована на бинарном мультифрактале Кантора и некоррелированных самоподобных рядах, где допустимо аналитическое описание. В качестве приложений исследованы мультифрактальные спектры обменных курсов валют, электрокардиограмм сердца и процесса аномальной диффузии.

В ходе исследований показано, что финансовый кризис приводит к усилению мультифрактальных свойств временных рядов экономических показателей и появлению корреляций в их изменении.

В медицине использование метода МФФА позволяет установить связь между различными формами мультифрактальных спектров и группами сердечных патологий.

На физическом примере установлено, что трансформация полётов Леви в нормальную диффузию обусловлена ослаблением корреляций в смещениях частицы, приводящим к сужению спектра мультифрактала.

**САМОПОДОБИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СТАТИСТИЧЕСКОГО АНСАМБЛЯ**

Олемской А.И., *профессор*; Вайленко А.С., *студентка*

Дальнейшее взаимодействие, долговременный эффект памяти и эволюционная кинетика способствуют формированию мультифрактального фазового пространства сложных систем, исследование которых обусловлено возрастанием интереса к деформированным термодинамическим системам. Краеугольный камень процедуры деформации – это формальная замена стандартной логарифмической функции в энтропии Больцмана на её деформированную версию.

Производится рассмотрение самоподобных статистических ансамблей в фазовом пространстве, объем которого инвариантен по отношению к деформации, комбинирующей сжатие координаты и растяжение импульса (или, наоборот, растяжение координаты и сжатие импульса).

Кроме того, использование процедуры деформации в квантовой механике позволяет нетривиально представить несколько физических полей от чёрных дыр до анионной суперпроводимости. Формальная основа квантовых групп связана с так называемым  $q$ -исчислением. С математической точки зрения,  $q$ -исчисление представляет наиболее удобный формализм для исследования мультифрактальных множеств, чье формирование обеспечено многократным действием оператора дилатации, связанного с производной Джексона.

Связанные функции распределения вероятности обладают дискретной симметрией по отношению к многократному действию производной Джексона, которая является гомогенной функцией со степенью самоподобия  $q$ , зафиксированной условием инвариантности по отношению к  $(n + 1)$  – кратному действию соответствующего оператора дилатации. В слегка деформированном фазовом пространстве гомогенная функция определяется линейной зависимостью при  $n = 0$ , тогда как степень самоподобия равняется золотому сечению при  $n = 1$ , и  $q \rightarrow n$  в пределе  $n \rightarrow \infty$ . Дилатация гомогенной функции снижает степень самоподобия  $q$  при  $n > 0$ .

## САМООРГАНИЗАЦИЯ КВАЗИРАВНОВЕСНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ КОНДЕНСАЦИИ В НАКОПИТЕЛЬНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ СИСТЕМАХ

Ефименко В.М., *студент*; Косминская Ю.А., *докторант*;  
Перекрестов В.И., *профессор*; Корнющенко А.С., *ассистент*

В работе изучается процесс самоорганизации квазиравновесной стационарной конденсации в накопительных ионно-плазменных системах. Рассматриваются теоретические предпосылки самоорганизации и показано, что стационарный режим конденсации при малых пересыщениях обеспечивается самосогласованным изменением температуры ростовой поверхности и пересыщения.

Конденсация вещества в накопительных ионно-плазменных устройствах происходит в условиях приближения равновесию, т.е. при чрезвычайно малом пересыщении, определяемом как

$$\xi = (n - n_e)/n_e \quad (1)$$

где  $n$  и  $n_e$  – текущая и равновесная концентрации конденсируемых атомов над поверхностью роста. При этом пересыщение остается практически постоянным в процессе конденсации, обеспечивая стационарность.

Анализ воздействия плазмы на ростковую поверхность и поведения потоков распыляемого вещества позволил записать систему дифференциальных уравнений для временного изменения температуры ростовой поверхности и пересыщения. Анализ этой системы уравнений методом фазовой плоскости показал, что в системе существует единственное стационарное состояние, отвечающее устойчивой особой точке. При этом в зависимости от технологических условий найдено два возможных варианта самоорганизации процесса конденсации. В первом варианте накопление вещества опережает разогрев ростовой поверхности, а во втором – наоборот, скорости накопления малые, и из-за чего пересыщенное состояние можно получить только в момент выхода системы в стационарный режим, что с технологической точки зрения является более предпочтительным.

## ЗАРОДЖЕННЯ І РОСТ КОНДЕНСАТОВ АЛЮМІНІЯ НА АТОМНОШЕРОХОВАТОЇ ПОВЕРХНОСТІ КСІ

Пере́крестов В.И., *профессор*; Мокренко А.А., *аспірант*

Кинетика зародышеобразования и роста конденсатов на атомношероховатой поверхности определяется многими технологическими параметрами.

Получение конденсатов алюминия осуществлялось с помощью ионно-плазменной установки, в основу которой положен планарный магнетрон на постоянном токе совмещенный с полым катодом, что позволило создать условия конденсации близкие к равновесным. Конденсация алюминия производилось в чистой инертной среде при различных давлениях ( $1 \div 20$  Па) и временах осаждения ( $60 \text{ с} \div 12$  часов). В работе в качестве подложки использовались сколы по (001) КСІ.

На начальном этапе, под воздействием плазмы на поверхность подложки, происходило образование высокой плотности анионных вакансий (СГ), в результате чего поверхность подложки превращается в атомношероховатую. Система точечных дефектов на поверхности КСІ, по-видимому, приводит к смене механизма роста Фольмера-Вебера, при котором происходит образование кластеров осаждаемого вещества на чистой подложке, на механизмы подобные Странского-Крастанова или Франка - ван дер Мерве, которые наблюдаются на поверхности очень тонкой пленки. Последние два механизма, как правило, характерны для атомногладкой поверхности монокристаллической подложки с минимальным количеством точечных дефектов. Прочное закрепление адатомов на подложке приводит к образованию атомношероховатой ростовой поверхности. Экспериментальные данные подтвердили факт образования аморфной фазы на начальном этапе нуклеации.

Постепенный переход к кристаллическому состоянию наблюдался с увеличением времени осаждения при пониженных давлениях рабочего газа в камере ( $\sim 2$  Па), для пленки свойственны высокая плотность и относительно малое количество пустот. Характерным для поверхности является наличие протяженных границ кристаллитов.

Отмечено, что с повышением давления в рабочей камере процесс образования аморфной фазы на начальном этапе зародышеобразования становится менее выраженным.

## АЛЛОТРОПНАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ УГЛЕРОДНАЯ ПЛАЗМА – КОНДЕНСАТ

Зябко Я.А., *студент*; Перекрестов В.И., *профессор*

Широкое разнообразие аллотропных модификаций углерода определяется наличием различных типов *sp*-гибридизации атомных орбиталей углерода. Известны следующие аллотропные модификации данного вещества: алмаз, графит, карбин, фуллерены, углеродные нанотрубки. Существует большое количество технологий, с помощью которых можно получать разнообразные образования углерода [1], в частности, нанотрубки и фуллерены. Практически все методы основаны на приближении системы *окружающая среда – конденсат* к равновесию.

Формирование различных аллотропных модификаций углеродных конденсатов можно получить, используя квазиравновесную стационарную конденсацию, т.е. основываясь на приближении к равновесию в системе *плазма – конденсат*. Такой технологический подход можно реализовать в самоорганизованных распылительных системах [2]. Самоорганизация системы обеспечивает стационарный режим конденсации в условиях слабого пресыщения, которые близки к фазовому равновесию. Близость системы *плазма – конденсат* к фазовому равновесию приводит к тому, что на ростовой поверхности закрепляются только адатомы, которые образуют с ней наиболее прочные химические связи [3]. В результате реализуется селективный режим поатомной конденсации, который определяется кинетикой процесса.

1. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур / Ткачёв А.В., Золотухин И.В. – М.: Машиностроение, 2007. – 316с.
2. Перекрёстов В.И., Корнющенко А.С., Косминская Ю.А. ФТТ **50**, 1304 (2008).
3. Перекрёстов В.И., и др., ФТТ, **51**, 1003 (2009).

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ РОСТА В КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Шапошник М.В., *студент*; Косминская Ю.А., *докторант*;  
Перекрестов В.И., *профессор*; Корнющенко А.С., *ассистент*

Среди многообразия процессов, сопровождающих рост тонких пленок, основополагающим является процесс зарождения островков новой фазы. На этой, начальной, стадии конденсации определяется количество островков новой фазы, и закладываются основы формирования структуры тонкой пленки.

Обычно выделяют три основных режима роста тонких пленок: послойный, островковый и промежуточный. Послойный режим, или режим Франка - ван дер Мерве реализуется в том случае, если атомы осаждаемого вещества связаны с подложкой более сильно, чем друг с другом. Островковый режим, или режим Фольмера-Вебера, реализуется в противоположном случае, когда атомы осаждаемого вещества связаны между собой сильнее, чем с подложкой. В промежуточном режиме, или режиме Странского-Крастанова, вначале реализуется послойный рост, затем, после заполнения одного – двух монослоев, начинается островковый режим роста. Существует еще один механизм роста – статистическое осаждение, при котором атомы осаждаемого вещества располагаются на поверхности согласно распределению Пуассона.

Зародышеобразование при непосредственной близости к равновесию возможно только на активных центрах, обладающих максимальными энергиями химических связей. Плотность активных центров ограничена критической энергией химических связей ( $E_c$ ) адатома с ростовой поверхностью. Ниже численного значения  $E_c$  поатомное встраивание в ростовую поверхность проходит с пренебрежимо малой вероятностью. Чем больше размер зародыша, тем меньше пересыщение.

На начальном этапе роста металлических конденсатов на поверхности роста образуются кристаллиты, которые, достигнув определенных размеров, образуют трехмерные лабиринтные структуры или столбчатые структуры.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПУЧКА ПРОТОНОВ

Дрозденко М.А., студент

Состояние современного материаловедения требует применения фундаментальных методов исследования структуры материалов. Одним из таких методов является метод характеристического рентгеновского излучения (ХРИ), вызванного пучками ускоренных протонов. Преимуществом данного метода является то, что он неразрушающий. Регистрация выхода ХРИ дает возможность определить структуру и характеристику исследуемого образца.

Существуют методы исследования поверхности с помощью ускоренных электронных пучков, но применение ускоренных ионных пучков позволяют получить более высокое разрешение по глубине. Это связано с тем, что ослабление электронного пучка может быть значительным, а число протонов в мишени можно считать относительно не зависящим от глубины.

Целью настоящей работы было выполнение расчета выхода ХРИ из мишени меди при бомбардировке пучком ускоренных протонов с энергией  $1 \div 2$  МэВ. В процессе работы были получены зависимости сечений ионизаций  $K^-$  и  $L^-$  серий и проведен анализ на совпадение с справочной литературой (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение рассчитанных сечений ионизации  $K^-$  и  $L^-$  серий с данными справочника

Эн-я, КэВ	$K^-$ расчет	$\omega_K \sigma_K$	$K^-$ Пучеров	$\sigma_L$ расчет	$\omega_L \sigma_L$	$L^-$ Пучеров
1000	0.0954	0.0792	0,067	4690	445.55	310
1500	0.3754	0.3116	0,24	8168	775.96	660
2000	0.9278	0.77	0,57	12076	1147.22	950
3000	2.9732	2.47	1,8	17173	1631.4	1500
4000	6.207	5.152	4,3	20232	1922.04	2100
5000	10.37	8,61	7,0	21953	2085.6	2500

## СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ

Ющенко О.В., *доцент*; Баранова А.Ш., *студентка*

Проблема описания объектов живой природы с помощью методов теоретической физики интересует ученых еще с XIX века. В настоящее время для описания коллективного движения живой и неживой природы используют различные модели, в том числе и синергетическую.

Исследования показывают, что коллективное движение живых организмов не зависит от уровня биологических скоплений, что позволяет представить такие скопления как ансамбли активных броуновских частиц, каждая из которых, обладая запасом внутренней энергии, может менять свое внутреннее состояние. В результате группа живых организмов может совершать следующие типы движения: вращательное движение вокруг относительно пустого центра масс; поступательное, при котором скопление движется как целое; прерывистое – последовательное чередование указанных режимов.

Для описания таких режимов движения в данной работе используется трехпараметрическая система Лоренца, отвечающая простейшему представлению самоорганизующейся системы. Роль параметра порядка в данном случае играет средняя скорость скопления биологических объектов, сопряженное поле отвечает градиенту концентрации химических продуктов взаимодействия, а управляющий параметр сводится к параметру внутреннего состояния.

В результате в рамках адиабатического приближения показано, что в детерминистическом случае система Лоренца позволяет описать переход между двумя режимами движения скопления биологических объектов (вращательным и поступательным). Кроме того, проведенное исследование показывает, что введение стохастических источников в систему Лоренца позволяет представить основные особенности прерывистого движения группы активных частиц.

## ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЛЬЕФА АЛМАЗНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПОВЕДЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ СМАЗОК, СЖАТЫХ МЕЖДУ НИМИ

Хоменко А.В., *доцент*; Гавриленко С.Л., *студент*;  
Проданов Н.В., *аспирант*

Трение играет центральную роль в разнообразных системах и явлениях, которые на первый взгляд могут показаться не связанными друг с другом, однако при более внимательном рассмотрении проявляющие общие особенности, свойственные всем трибологическим процессам в областях технологии, геологии и биологии. Разработка износостойких поверхностей с низким трением и тонких смазочных пленок стала важным фактором в миниатюризации подвижных частей во многих технических приборах. Последние включают микроэлектромеханические системы (МЭМС), компьютерные запоминающие устройства, миниатюрные двигатели и др. Простые эмпирические законы трения не всегда работают в таких системах, что связано с высоким отношением их поверхности к объему и большей значимостью химии поверхностей, адгезии и структуры (или шероховатости) последних [1, 2]. Обычные трибологические методы, используемые для макроскопических объектов, могут оказаться неэффективными на нанометровом масштабе, что требует новых подходов для изучения подобных систем. Особенно быстро развивается область трибологии, изучающая биосистемы, а также смазочные механизмы в суставах.

Оказывается, что в природе обычно встречаются смазочные системы, которые основаны на воде. По смазочным свойствам они оставляют далеко позади смазки, базирующиеся на маслах, и используемые в большинстве приборов, изготовленных человеком. Создание смазок, подобных природным, на сегодня является важной нерешенной задачей.

В данной работе представлены результаты компьютерного моделирования методом молекулярной динамики системы, отвечающей условиям граничного трения. Оно соответствует ситуации, когда между трущимися поверхностями находится ультратонкая пленка смазки толщиной несколько атомных диаметров. Исследуемая модель представлена молекулярно-тонкой пленкой воды,

заключенной между атомарно-плоскими алмазными пластинами. Выбор воды в качестве исследуемой жидкости обусловлен ее важностью, повсеместностью и уникальными трибологическими свойствами, не имеющими удовлетворительного теоретического объяснения [3, 4]. В частности, ультратонкая пленка воды, как правило, дает очень низкое трение без эффекта прилипания-скольжения. Целью данной работы является изучение поведения рассматриваемой модели и определение его соответствия экспериментальным результатам, что может быть полезным для объяснения необычных свойств воды.

В работе использовалась TIP4P модель молекул воды, в которой принято приближение их абсолютной жесткости [5]. Исследованы равновесные и динамические характеристики системы в зависимости от толщины пленки, внешней нагрузки (давления на поверхности) и силы сдвига. Показано, что с ростом давления происходит переход пленки в твердоподобное состояние, проявляющийся в уменьшении величины коэффициента диффузии и организации молекул в слой. Для пленки воды толщиной два молекулярных диаметра выявлена тенденция к образованию упорядоченной структуры в плоскости слоев при высоких нагрузках. Получены зависимости кинетической силы трения от давления, при малых нагрузках соответствующие эмпирическому закону Амонтона. В целом, поведение исследуемой системы согласуется с экспериментальными результатами, полученными для простых молекул, в частности, имеющих сферическую форму [3].

1. Braun O.M., Naumovets A.G., Surf. Sci. Rep. **60**, 79 (2006).
2. Дедков Г.В., УФН **170**, 585 (2000).
3. Gee M.L., McGuiggan P.M., Israelachvili J.N., J. Chem. Phys **93**, 1895 (1990).
4. Ruths M., Berman A.D., Israelachvili J.N. Surface forces and nanorheology of molecularly thin films, in: Bhushan B. (Ed.) Nanotribology and nanomechanics. – Berlin: Springer, 2005. – P. 389 – 481.
5. Rapaport D.C. The art of molecular dynamics simulation, 2<sup>nd</sup> ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 550 p.

## СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КИНЕТИКИ ПЛАВЛЕНИЯ УЛЬТРАТОНКОЙ ПЛЕНКИ СМАЗКИ

Хоменко А.В., *доцент*; Ляшенко Я.А., *ассистент*;  
Гламаздина Н.С., *студентка*

Проведено исследование кинетики плавления аморфной и кристаллической ультратонкой пленки смазки, заключенной между атомарно-гладкими кристаллическими поверхностями. Изучение трения и связанных с ним процессов на наноструктурном уровне представляет значительный интерес для широкого спектра технических применений, таких как технология производства поверхностного покрытия жестких магнитных дисков для компьютеров, изготовление микросенсорных датчиков и т.д. [1].

В данной работе исследована кинетика плавления пленки смазки по механизму фазового перехода первого и второго рода. Для ее описания использована реологическая модель Лоренца вязкоупругой среды, в которой роль параметра порядка играет сдвиговое напряжение, сопряженное поле сводится к сдвиговой деформации, а температура является управляющим параметром. Для возможных предельных случаев соотношений между временами релаксации, отвечающими указанным величинам, проведено аналитическое и численное исследование фазовых портретов в различных кинетических режимах. Точный их вид находился путем численного интегрирования уравнений методом Рунге-Кутта 4-го порядка.

Показано, что переходный режим прерывистого трения (stick-slip) реализуется, если время релаксации температуры смазки намного превышает его значение для сдвиговых напряжений и деформации. В противоположном случае осуществляется быстрая релаксация системы к универсальному участку, определяющему ее кинетику[2].

1. Дедков Г.В., УФН **170**, 585 (2000).
2. Хоменко А.В. ФТВД, **16**, 164 (2006).

## РЕЖИМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗЕРНИСТЫХ СТРУКТУР ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Криловецкая А.И., *студентка*; Хоменко А.В., *доцент*;  
Ляшенко Я.А., *ассистент*

Теория фазовых переходов Ландау [1] дает целостную картину основных режимов обычной и интенсивной пластичности. Данный подход позволяет описать существование предельной (стационарной) зернистой структуры, которая достигается в процессе интенсивной пластической деформации (ИПД). Крупнозернистое состояние материала (в пределе монокристалл) связывается с минимумом свободной энергии и в контексте теории его также можно рассматривать как своего рода предельную структуру, которая будет равновесной относительно обычной пластичности. Переход от крупнозернистой структуры к мелкозернистой в процессе ИПД может проходить по сценарию фазового перехода первого и второго рода. Для описания образующихся дефектных структур вводятся плотности избыточной энергии и суммарной поверхности границ зерен, что позволяет учесть два канала диссипации энергии (тепловой и производства дефектов) [2]. Тип формируемой предельной структуры зависит от начальных значений плотности энергии границ зерен. Предельная структура может формироваться как при нулевой плотности энергии границ зерен (монокристалл), так и при ненулевом ее значении (более мелкие зерна). С увеличением упругих деформаций размер зерен в предельных структурах уменьшается. Стационарные значения плотности энергии границ зерен достигаются в результате быстрой релаксации при отсутствии колебательного режима [3].

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1995. – Т.5: Статистическая физика. Ч.1. Изд.4. – 1995. – 608 с.
2. Метлов Л.С. Вестник Донецкого университета, Сер. А: Естественные науки. **2**, 169 (2006).
3. Хоменко А.В., Ляшенко Я.А., Метлов Л.С. Металлофиз. и новейш. технолог. **30**, 859 (2008).

## ВЗАЄМОДІЯ ЖОРСТКОГО ШТАМПУ З ПРУЖНОЮ СМУГОЮ

Жиленко Т.І., *аспірант*; Дрозденко О.О., *асистент*

Дослідженням взаємодії твердих тіл займаються більш ніж сто років. Початківцями цієї справи стали Г. Герц і Ж. Бусінеско.

Дуже часто розглядається взаємодія твердих тіл з “м’якими” покриттями, щоб вивчити такий контакт, вважають тіла жорсткими, а покриття пружними. Тоді основна задача зводиться до знаходження напружень в зоні контакту.

Спіраючись на теорію контакту пружних тіл з гладкою поверхнею Г. Герца перейдемо до більш простого тлумачення контактної задачі про взаємодію жорсткого штампу з пружною смугою. Оскільки площа контакту досить мала, то штамп і смугу вважаємо напівнескінченими. А також зважаючи на малу область контакту в порівнянні з радіусом кривизни штампу з розмірами самого штампу, перейдемо від пружного покриття до смуги.

Під дією навантаження  $P$  в область контакту окрім прямолінійної області входить і криволінійна на невідому величину  $l$ . Форма штампу враховується в крайовій умові на контактні переміщення в зоні контакту

$$\Delta u = (x - l)^2/2R - \delta, \quad (1)$$

де  $\delta$  – просідання штампа,  $R$  – радіус закруглення краю штампа.

Сили тертя в області контакту не враховуються. Задача розв’язується за допомогою інтегрального перетворення Фур’є, яке приводить до інтегрального рівняння з різницеvim ядром. Методом Вінера-Гопфа отримується точний розв’язок інтегрального рівняння. Факторизація коефіцієнта функціонального рівняння Вінера-Гопфа виконана у нескінчених добутках. Знайдені явні аналітичні вирази для нормальних напружень в області контакту, та переміщень точок вільних від напружень меж пружного покриття і пружної смуги.

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КВАЗИОПТИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕННОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ НА ДИФРАКЦИОННО-СВЯЗАННЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ

Рыбалко А.А., *аспирант*; Шульга Ю.В., *аспирант*;  
Дорошенко Д.Ю., *студент*

В последние годы резко увеличилось количество исследований электромагнитных колебаний в области миллиметровых и субмиллиметровых длин волн. На основе этих исследований предложены эффективные электродинамические структуры для канализации, генерации и усиления, так называемые открытые системы: открытые резонаторы и волноводы.

В данной работе рассмотрена возможность реализации режима ответвления части мощности, которая распространяется в открытом волноводе, образованном дифракционными решетками и диэлектрическими волноводами (ДВ).

Экспериментальные исследования макета направленного ответвителя (НО) проводились на специально разработанной установке [1], путем измерения пространственных характеристик в виде диаграмм направленности излучающих систем и волноводных характеристик – амплитудное распределение ближних полей. Исследование проводилось, как для отдельных элементов НО, так и всей системы в целом.

Полученные результаты дают возможность говорить, что параметры разработанного НО в рабочей полосе частот  $\Delta f = 5$  ГГц, сравнимы с параметрами ответвителя на эффекте перенаправленного излучения сигнала с участка резкого излома ДВ [2]. Данный НО имеет возможность корректировки переходного ослабления, путем изменения прицельного параметра  $a$  и расстояния между зеркалами  $H$ , что снижает технологические требования на изготовление данной системы в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне длин волн.

1. Воробьев Г.С. и др. Вестник Сумского государственного университета, 117 (2002).
2. Техника субмиллиметровых волн / Под ред. Р.А. Валитова.– М.: Сов. радио, 1969.– 480с.



## АНАЛІЗ БАЛЛІСТОКАРДІОГРАФІЧЕСКИХ СИСТЕМ

Белошaпка И.В., *студент*; Витковский В.В. *студент*;  
Ющенко О.В., *доцент*

Баллистокардиографией (БКГ) называется метод, регистрирующий движения тела, обусловленные работой сердца. Во время работы сердца происходит перемещение тела в направлении, противоположном движению крови, причем величина смещения тела пропорциональна выброшенной во время систолы крови.

Существует несколько различных способов баллистокардиографии, предназначенных для измерения реактивных механических сил, возникающих при сердечной деятельности. Нами была рассмотрена модель, представляющая внутренние и внешние связи баллистокардиографической системы (пациент и основание платформы измерительного прибора), как механическую систему, обладающую упругими свойствами и затуханием. При этом считалось, что в результате сердечной деятельности все элементы механической системы могут перемещаться только параллельно основанию.

Изучение движения системы в общем случае сложно, не наглядно и недостаточно, так как величины жесткости тканей и коэффициенты затухания точно неизвестны. Поэтому в рамках нашего анализа баллистокардиографической системы тело пациента рассматривалось как абсолютно твердое. В результате было записано дифференциальное уравнение движения, решение которого имело две составляющие, отвечающие свободным и вынужденным колебаниям соответственно. Кроме того, была проанализирована частотная зависимость динамического коэффициента.

В связи с тем, что на БКГ отражается большое количество разнообразных факторов, диагностические возможности метода ограничены, и в этом отношении он может быть использован только как вспомогательный. Однако тот факт, что баллистокардиография позволяет получить информацию о силе сердечных сокращений и о характере ответных реакций на различные функциональные нагрузки, делает ее весьма ценным методом при оценке эффективности различных лечебных воздействий и прогноза при сердечно-сосудистых заболеваниях.

## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Богдановский А.А., *студент*; Шумицкий С.Н., *студент*;  
Ющенко О.В., *доцент*

Исследования внутренней структуры объектов с помощью рентгеновского излучения широко распространены и хорошо известны. При этом характеристикой плотности исследуемого объекта является ослабление рентгеновского излучения вдоль луча, соединяющего источник и приемник излучения.

В рамках простейшей модели была рассмотрена ситуация, когда различные лучи отвечают разным (относительно объекта) положениям источника и приемника излучения. Плотность реальных объектов является функцией трех пространственных координат, но в классической рентгеновской компьютерной томографии трехмерный объект обычно представляется в виде набора тонких срезов. Внутри каждого среза плотность является функцией только двух переменных. Таким образом, с математической точки зрения задача обработки результатов, полученных методом рентгеновской компьютерной томографии, и получение трехмерного изображения сводится к восстановлению двумерной функции плотности по ее интегральным значениям вдоль некоторого семейства лучей.

Для восстановления плотности среза такая задача была решена с использованием двумерного преобразования Радона и преобразования Фурье. В результате в рамках рассмотренного метода исходные данные аппроксимируются более гладкими функциями (сплайнами) и непосредственными вычислениями можно получить коэффициенты соответствующего сплайна. Таким образом, исходные данные аппроксимируются ступенчатой функцией и осуществляется свертка с регулярной функцией.

Численное моделирование и восстановление плотности реальных объектов на основе данного метода, показало достаточную точность, даже при исследовании объектов, имеющих сложную конфигурацию.

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ЮСТИРОВКИ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

Соколов С.В., *доцент*; Довгошея Д.А., *студент*

В конце XX и начале XXI века экономику высокоразвитых стран характеризует освоение высоких технологий. Одной из наиболее интенсивно развивающихся является нанотехнология. Она оперирует с размерами, лежащими в диапазоне 1–100 нм, что требует обеспечения единства линейных измерений в нанометровом диапазоне. Для изучения объектов в этой области и определения их размеров зачастую используют растровый электронный микроскоп.

Наиболее важными параметрами растрового электронного микроскопа являются его разрешающая способность и увеличение. Максимальных значений этих параметров получают в процессе юстировки микроскопа заключающейся в настройке электронных линз. Качественная юстировка позволяет не только увидеть нанообъект, а и определить его размеры.

Для повышения качества настройки разрешающей способности микроскопа используются тест-объекты, которые имеют как недостатки, так и преимущества по сравнению друг с другом.

Целью данной работы является исследование тест-объекта для определения разрешающей способности растрового электронного микроскопа за счет формирования его структуры в виде участков ажурной микросетки и сплошной пленки с нанесенными на них равномерно расположенными шарообразными частицами олова, которые отличаются от других тем, что полученная структура имеет размеры от 10 мкм до 2 нм и структурные элементы с высоким контрастом из-за различных эмиссионных свойств применяемых материалов и условий формирования изображения, что позволяет определить разрешающую способность в диапазоне увеличений от 500 до 100000 крат. Наличие шаров также позволяет контролировать правильность построения изображения в направлении строки и кадра, исключает необходимость корректировки масштабных искажений изображения при наклоне образца. Таким образом получаем островковые сферические частицы олова, закрепленных на угольной микросетке с размером ячеек от 0,2 мкм до 10 мкм.

**СЕКЦІЯ 2**

**«ЕЛЕКТРОННЕ  
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»**

## ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У ПЛІВКОВОМУ СПІН-КЛАПАНІ

Шабельник Ю.М., студент; Чешко І.В., асистент

Для покращення робочих характеристик спін-клапанних структур, сучасних функціональних елементів електроніки, потрібні детальні дослідження фізичних процесів у них. У роботі були дослідженні спін-клапанні структури на основі нанорозмірних плівок Co, Cu та Au, отриманих методом вакуумної конденсації. Досліджувалися такі аспекти як фазоутворення, дифузія, ступінь збереження інтерфейсів, можливе утворення твердих розчинів, їх місце локалізації, магнітооптичні та магніторезистивні властивості. Встановлено, що у двошарових плівкових системах Co/Cu та Co/Au спостерігається тенденція утворення твердих розчинів (т.р.) (Cu, Co) та (Au, Co) та стабілізується гранульований стан магнітної компоненти Co і при певних умовах шарувата структура може перейти до стану гранульованого сплаву [1]. З огляду на це було запропоновано формувати функціональний елемент спін-клапанних структур у вигляді багат шарової плівкової системи Au(3)/Co(3)/Au(Cu)(6)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П (П – підкладка). Для коректної роботи спін-клапану подібного типу потрібно забезпечити різницю коерцетивностей магнітних шарів, що входять до його складу. У нашому випадку це було реалізовано шляхом використання відносно товстого нижнього ( $d = 20$  нм) та тонкого верхнього ( $d = 6$  нм) шарів. Підсилити різницю в магнітних характеристиках шарів можливо за допомогою різної термообробки. Так, нами було запропоновано отримувати шари Co при різних температурах підкладки. Нижній шар отримувався при температурі 950 К, а верхній – при кімнатній. Висока температура підкладки під час конденсації дозволяє формувати більш магнітожорстку доменну ГЦК структуру Co, що також підтверджується результатами досліджень магнітооптичних характеристиках цієї системи.

У спін-клапанних структурах з прошарком Cu та Au залежність магнітооптичного ефекту Керра (МОКЕ) від індукції магнітного поля визначається нижнім шаром Co. Відпалювання системи з шаром Cu не призводить до суттєвих змін, оскільки процеси утворення т.р. вже відбулися при конденсації. Значні зміни МОКЕ спостерігаються при відпалюванні спін-клапану з шаром Au до температури 700 К. Це,

очевидно, відбувається внаслідок утворення т.р. (Au, Co) по всьому об'ємі плівкової структури. Залежність МОКЕ для спін-клапанна з прошарком із Cu, у якому нижній шар Co отриманий при  $T_n = 950$  К, після відпалювання до 700 К має «сходинокоподібну» форму петлі гістерезису. Це свідчить про остаточну стабілізацію двох магнітних спінових станів та ефективне управління магнітооптичним ефектом Керра у даній системі.

Отримані результати експериментальних та теоретичних досліджень процесів електроперенесення в дво- та багат шарових плівкових системах на основі Co, Cu та Au. Ці дані окрім того, що дають нову інформацію про температурну залежність опору, коефіцієнту тензочутливості і температурного коефіцієнту опору вказаних плівкових систем, додатково надають інформацію для підтвердження особливостей фазових перетворень у даних спін-клапанних системах.

Були досліджені магніторезистивні властивості даних структур. При кімнатній температурі вимірювання у зразка, що мав високу температуру при отриманні нижнього шару Co, магнітоопір (МО) сягає значень 1,2%. Відпалювання призводить до поступового зменшення МО. В табл.1 представлені значення МО для спін-клапанних структур з різною товщиною прошарку Cu. При товщині 6 нм спостерігається максимальне значення МО.

Таблиця 1 – Значення магнітоопору спін-клапанних структур

Плівка (нм)	МО, %
Au(3)/Co(3)/Cu(6)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П	0,90
Au(3)/Co(3)/Cu(8)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П	0,82
Au(3)/Co(3)/Cu(10)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П	0,13
Au(3)/Co(3)/Cu(12)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П	0,12

Таким чином, результати дослідження фізичних процесів у функціональних елементах спін-клапанних структурах свідчать про ефективність запропонованої методики їх виготовлення.

Робота виконана в рамках спільного проекту Сумського держаного університету та Інституту фізики САН (м. Братислава) під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Проценко С.І., Чешко І.В., Великодний Д.В. та ін., Успіхи фіз. мет. **8**, №4, 247 (2007).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК RC-ГЕНЕРАТОРІВ

Олійник В.А., студент; Одноворець Л.В., доцент

Електронні генератори як пристрої для перетворення електричної енергії джерела постійного струму в енергію незгасаючих електричних коливань необхідної форми, частоти і потужності, широко застосовуються в радіоелектронній, вимірювальній та телеметричній апаратурі, обчислювальній техніці. Найважливішою вимогою до RC-генераторів є стабільність частоти генерованих коливань, оскільки на їх робочі характеристики сильно впливають такі фактори як температура навколишнього середовища; зміни напруги джерел живлення; механічна вібрація і деформація деталей. Найефективнішим методом зменшення нестабільності частоти генераторів є застосування кварцевих резонаторів у ланцюзі позитивного зворотного зв'язку.

Для дослідження характеристик RC-генераторів розроблено лабораторний стенд, електрична схема якого наведена на рис. 1. Вихідні параметри схеми:  $R_2 = 1,5 \text{ кОм}$ ;  $R_4 = 82 \text{ кОм}$ ;  $R_5 = 2 \text{ кОм}$ ;  $R_6 = 4,7 \text{ кОм}$ ;  $C_4 = 0,05 \text{ мкФ}$ ;  $C_5 = 1,0 \text{ мкФ}$ ; VT типу МП 40А;  $C_6 = 200 \text{ мкФ}$ ;  $R_3 = 1,00 \text{ кОм}$ ; постійна напруга живлення  $U = 12\text{В}$ .

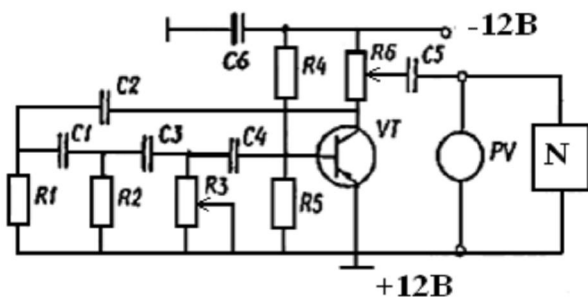


Рисунок 1 – Схема RC-генератора для лабораторного стенду

Для визначення діапазону робочих частот RC-генератора були встановлені мінімальне та максимальне значення опору змінного резистора  $R_3$ , при яких форма вихідного сигналу генератора стає

синусоїдальною. Одержана амплітудно-частотна характеристика RC-генератора (див. таблицю 1).

Таблиця 1 – Амплітудно-частотна характеристика RC-генератора

$R_3, \text{ Ом}$	$f, \text{ Гц}$	$U, \text{ В}$
0	0	0
0,2	13,24	0,120
0,4	21,93	0,150
0,6	26,81	0,020
0,8	32,70	0,025
1,0	43,20	0,039

Одним з найважливіших параметрів генераторів синусоїдальних коливань є коефіцієнт нестабільності частоти:

$$\delta_f = \Delta f / f \cdot 100\%$$

де  $\delta_f$  – абсолютне відхилення частоти від номінального значення  $f$ .

Слід відмітити, що коефіцієнт нестабільності промислових транзисторних RC-генераторів не повинен перевищувати величину 0,8%, лабораторних стендів – 1,5%.

Проведено розрахунок коефіцієнту нестабільності частоти коливань для лабораторного транзисторного RC-генератора в інтервалі робочих температур від + 20 до – 40 °С:

$$\delta_f = - (\Delta R/R + \Delta C/C),$$

де  $\Delta R/R = \text{ТКО} \cdot \Delta T = 10^{-4} \cdot 60 = 0,6\%$ , ТКО – термічний коефіцієнт опору;  $\Delta C/C = \text{ТКЄ} \cdot \Delta T = 10^{-4} \cdot 60 = 0,6\%$ , ТКЄ – термічний коефіцієнт ємності, тоді  $\delta_f = 1,2\%$ .

На основі амплітудно-частотної характеристики і розрахунку коефіцієнту нестабільності частоти транзисторного RC-генератора можна зробити висновок про можливість застосування сконструйованого стенда в лабораторній роботі «Дослідження характеристик генераторів електричних коливань» в курсі навчальної дисципліни «Основи мікроелектроніки».



## МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПЕРЕДАЧІ СТРУМУ ДІОДНОЇ ОПТОПАРИ

Коросташівець О.П., студент; Однодворець Л.В., доцент

Оптоелектроніка відкриває реальні перспективи вирішення проблеми комплексної мікромініатюризації радіоелектронної апаратури шляхом заміни традиційних гальванічних і магнітних зв'язків оптичними, що веде до підвищення щільності інформації в каналі зв'язку, швидкодії, захисту від перешкод, забезпечує умови оптимізації схемних рішень.

Оптопари – напівпровідникові прилади, в яких конструктивно об'єднані джерело та приймач випромінювання, пов'язані між собою оптичним зв'язком. В них відбувається перетворення електричних сигналів у світлові і навпаки. Основні переваги оптопар: відсутність електричного зв'язку між входом та виходом; широка смуга частот коливань, які пропускаються, можливість передавання сигналів з частотою до  $10^{14}$  Гц; можливість керування вихідними сигналами шляхом дії на оптичну частину; висока перешкодозахищеність оптичного каналу; сумісництво оптопар з іншими та мікроелектронними приладами. Для надійної роботи діодної оптопари протягом тривалого часу в колах з каскадами підсилення сигналу, необхідно проводити розрахунок коефіцієнта передачі струму  $k = I_{ex}/I_{вих}$  де  $I_{ex}$ ,  $I_{вих}$  – вхідний та вихідний струми, відповідно. Основними робочими електричними параметрами діодної оптопари є: вхідна напруга 1,5 В (при  $I_{ex} = 10$  мА), вихідний зворотний темновий струм – не більше 8 мкА; опір ізоляції – не менше  $10^9$  Ом.

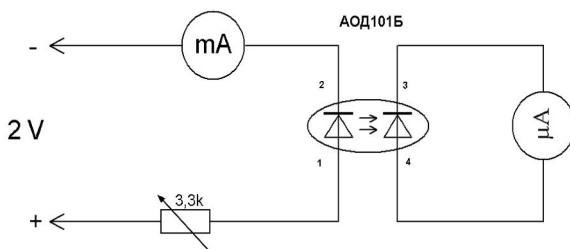


Рисунок 1 – Електрична схема лабораторного стенду

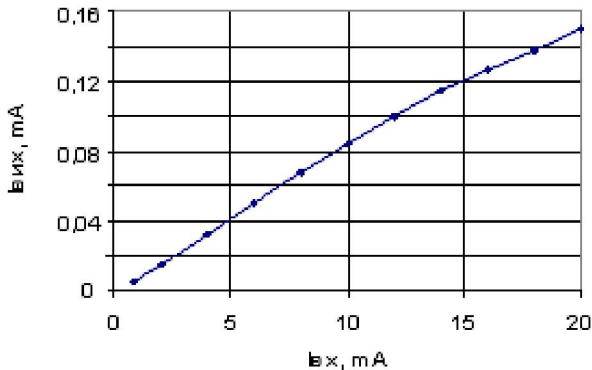


Рисунок 2 – Експериментальна залежність  $I_{вых} = f(I_{вх})$ .

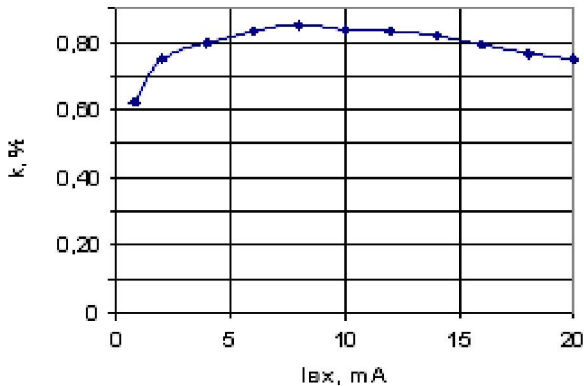


Рисунок 3 – Розрахункова залежність  $k = f(I_{вх})$ .

На основі експериментальних даних (рис.2) була одержана розрахункова залежність  $k = f(I_{вх})$ , яка вказує на те, що коефіцієнт передачі струму має максимальне значення при величині вхідного струму 7,5 мА (див. рис. 3).

Одержані експериментальні результати дозволяють зробити висновок про можливість застосування діодних оптопар у електронних схемах пристроїв автоматики, коли електричний зв'язок між колами схеми є небажаним (наприклад, для ізоляції низьковольтних вимірювальних пристроїв від високовольтних елементів).

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРІВ

Терещенко О.С., студент; Однодворець Л.В., доцент

Польові транзистори як основні елементи напівпровідникових інтегрованих мікросхем (НІМС) широко використовуються у мікроприладобудуванні та сенсорній техніці у якості підсилювачів та перемикачів постійного, змінного або імпульсного струму. Перевагою польових транзисторів є висока величина вхідного опору, стабільність параметрів в широкому інтервалі температур та виключно малий рівень шумів, який визначається лише тепловими флуктуаціями в структурі приладу. Польові транзистори з керованим переходом, характеристики яких досліджувались в роботі, – це прилади, в яких керування струмом здійснюється шляхом перекидання каналу між витоком і стоком областю просторового заряду зворотно зміщеного р-n-переходу або переходу метал-напівпровідник. Широке використання у НІМС знайшли великострумові вертикальні польові транзистори з р-n-переходом з малим значенням опору каналу у відкритому стані та польові транзистори з переходом метал-напівпровідник на основі GaAs, які функціонують у діапазоні надвисоких частот.

Дослідження робочих параметрів і характеристик проводились на лабораторному стенді, електрична схема якого включала польовий транзистор типу КП 103 Е, амперметр, два вольтметри, два резистори для зміни струму та напруги, систему заземлення (див. рис. 1).

Стоково-заслінкові та стокові характеристики – це, відповідно, залежність струму стоку від напруги на заслоні при постійній напрузі між стоком і витоком ( $I_C = f(U_{ЗВ})$  при  $U_{СВ} = \text{const}$ ) та залежність струму стоку від напруги між стоком та витоком при постійній напрузі на заслоні ( $I_C = f(U_{СВ})$  при  $U_{ЗВ} = \text{const}$ ).

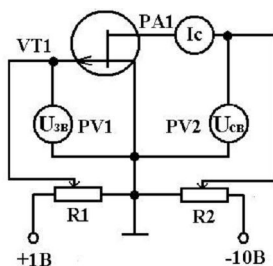
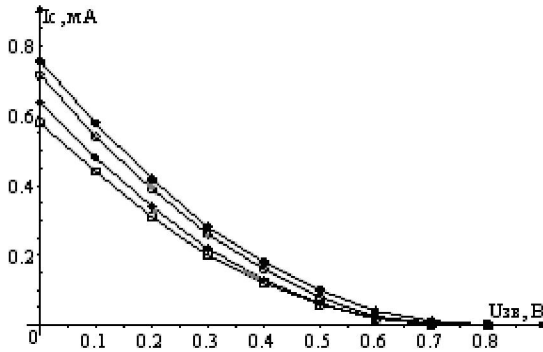
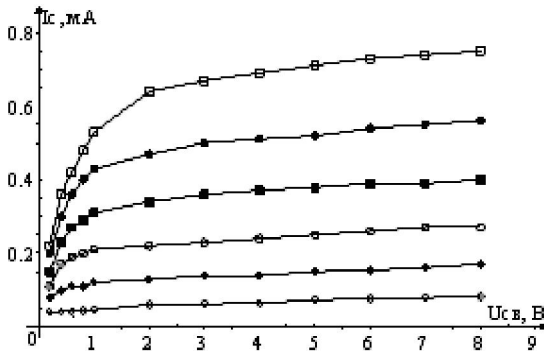


Рисунок 1 – Електрична схема лабораторного стенду



а)



б)

Рисунок 2 – Стоково-заслінкові (а) та стокові (б) характеристики польового транзистора КП103Е

Результати експериментальних досліджень (див. рис. 2) стоково-заслінкових характеристик вказують на зменшення струму стоку  $I_C$  від 0,76 до 0 мА при збільшенні напруги  $U_{ZB}$  від 0 до 0,8 В. На основі стокових характеристик можна зробити висновок про збільшення величини струму стоку  $I_C$  від 0,04 до 0,75 мА при збільшенні напруги між стоком та витоком  $U_{CB}$  від 0,2 до 8 В, причому, починаючи з напруги 2 В залежності мають лінійний характер.

Таким чином, проведені дослідження дозволили визначити максимально допустимі робочі параметри транзистора КП 103 Е, коли він буде виступати як активний елемент схеми підсилювального каскаду.

## АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОРЕЗИСТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКИХ ПЛІВОК

Зленко В.О., *аспірант*; Каверін М.В., *магістрант*

Збільшення сфери використання нанотехнології в сучасній промисловості спонукає вчених до пошуку нових методів отримання нанорозмірних структур та дослідження їх фізичних властивостей [1].

Метою нашої роботи було створення автоматизованої системи управління науковим експериментом для дослідження терморезистивних властивостей плівкових матеріалів.

З вакуумної камери установки ВУП5-М, у якій знаходиться зразок, контролер отримує дані про температуру зразку та його опір. Ці дані передаються через СОМ-порт комп'ютера до програми управління та збору даних, де вони обробляються, записуються у файл та виводяться на екран комп'ютера. Програма управління та збору даних написана у графічному середовищі програмування LabVIEW 8.6 компанії National Instruments. Алгоритм програми побудований на базі кінцевого автомату, завдяки чому обробка даних вимірювань та здійснення відповідного контролю за ходом проведення експерименту відбувається автоматично, в режимі реального часу [2]. Програма дозволяє задавати режим відпалювання, його час, максимальну та мінімальну температури, швидкість підвищення температури, обирати кількість циклів відпалювання тощо. Управління розжарюванням пічки здійснюється за допомогою сигналів управління, які посилаються програмою через LPT-порт комп'ютера.

Робота виконана в рамках спільного проекту про науково-технічне співробітництво № М/54-2009 між Сумським державним університетом і Університетом м. Марібор (Словенія) під керівництвом доцента Проценка С.І.

1. Великодний Д.В., Проценко С.И., Проценко И.Ю., ФИП 6, №1-2, 37 (2008).
2. Bitter R., Mohiuddin T., Navrocki M. LabVIEW Advanced Programming Techniques. – 2000. – 456 p.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВАКУУМНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ПЛІВОК

Ценцера О.О., студент; Великодний Д.В., м.н.с.

Розроблена автоматизована система вакуумної конденсації багат шарових плівкових систем. Товщина плівкових зразків у процесі конденсації вимірюється методом кварцового резонатора. Частотомір, самостійно виготовлений прилад, має можливість підключення до комп'ютера по інтерфейсу RS-232 і забезпечує зчитування показів з частотою до  $10\text{ с}^{-1}$ .

Автоматизована система контролю товщини використовуючи дані про товщину з частотоміру, управляє роботою заслонки, що приводиться в рух електродвигуном. При досягненні необхідної товщини система зворотного зв'язку видає команду на закриття заслонки. Після закінчення процесу конденсації програма обраховує кінцеву товщину плівки, отриману в ході виконання експерименту. Обрахунок товщини плівки відбувається відразу після закінчення її конденсації через 1 хвилину та, з метою уточнення значень товщини отриманої плівки, через 5 хвилин. В системі автоматизації реалізована почергова підводка зразків під випарник, яка приводиться в рух за допомогою крокового двигуна. Це дозволило в єдиному технологічному процесі отримувати до шести тонкоплівкових зразків різної товщини та складу. Управляючі сигнали подаються на електромагніт заслонки та кроковий двигун з блока живлення через модуль електромагнітних реле, що через оптичну розв'язку під'єднується до паралельного LPT порту комп'ютера. В процесі конденсації опір плівкових зразків вимірюється за чотириточковою схемою 8-канальним 16-бітним сігма-дельта АЦП ADAM-4018. Зчитування експериментальних даних та управління зворотнім зв'язком комп'ютера з автоматизованою системою в вакуумній камері відбувається під управлінням спеціалізованого програмного забезпечення, розробленого в середовищі програмування LabVIEW 8.50. Система відкриває можливість в автоматичному режимі формувати багат шарові плівкові зразки заданої товщини з точністю  $\pm 2\text{ нм}$ , та будує графіки залежності  $d(t)$  та  $R(d)$ . Після виконання експерименту програма створює файл звіту в форматі \*.txt.

## ВИКОРИСТАННЯ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ Fe/Cr ЯК ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ ДАТЧИКА ТИСКУ

Сироваткін М.М., студент; Пазуха І.М., м.н.с.

Тонкоплівкові матеріали знайшли широке застосування як чутливі елементи різноманітних датчиків неелектричних величин. Зокрема мова йде про датчики, які використовуються при вимірюванні тиску в будь-яких рідких і газових середовищах, при наявності вібрацій, ударів, перенавантажень та у багатьох інших сферах. Так, у роботах [1, 2] були запропоновані конструкції датчиків тиску на основі плівки манганіну та плівок оксидів In і Sn відповідно, які можуть бути використані при вимірюванні значних перепадів тисків.

Можливим варіантом чутливого елемента датчика тиску може бути плівкова система Fe/Cr, фазовий стан якої відповідає твердому розчину (Fe, Cr). При цьому плівка Cr забезпечує гарну адгезію до матеріалу мембрани датчика, а нанесення плівки Fe дозволяє покращити тензорезистивні властивості чутливого елемента. Приклад робочої характеристики лабораторного зразка датчика форвакууму представлений на рисунку 1. На основі даної залежності проводилися розрахунки баричного коефіцієнту опору  $\beta_p = dR/(R_n \cdot dp)$ . Залежність опору чутливого елемента від тиску залишкових газів у вакуумній камері описується співвідношенням  $R(p) = R(p_0)\exp(\beta_p \cdot p)$ , де  $R(p_0)$  – опір при атмосферному тиску.

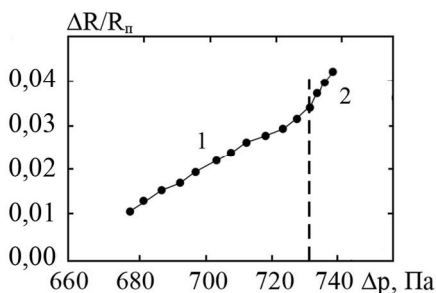


Рисунок 1 – Робоча характеристика датчика тиску на основі плівкової системи Fe(30)/Cr(30)/П; де  $R_n$  – початковий опір,  $\Delta p = p_0 - p_3$ ,  $p_3$  – тиск залишкової атмосфери у вакуумній камері,  $p_0$  – атмосферний тиск

1. Kai Wah Yeung, Chung Wo Ong, Sens. Actuat. A. **137**, 1 (2007).
2. Teng Lin, Yang Bang Chao, Du Xiao Song et al., Sens. Actuat. A. **118** 222 (2005).

## ПЛІВКОВІ ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕНЗОДАТЧИКІВ

Черниш М.Г., студент

Характерною рисою сучасної плівкової сенсорики є використання багатокомпонентних тензорезисторів. З точки зору величини коефіцієнту тензочутливості  $\gamma_l$  металеві плівкові тензорезистори не ефективні, але їх перевагою є термічна стабільність. Перехід до композиційних плівкових матеріалів дозволяє вирішити дві проблеми: забезпечення високого значення  $\gamma_l$  і розширення температурного інтервалу. В роботі проаналізована нова сенсорна концепція, запропонована в [1], суть якої полягає в одночасному вимірюванні температури (терморезистор із плівки Pt) і тензочутливості (тензорезистор із  $\text{Ni}_{0,8}\text{Cr}_{0,2}$ ). В основі вимірювань лежать залежності опору резистора від температури і деформації. При одночасній дії температурних і деформаційних полів залежності об'єднуються в одну:

$$R(T, \varepsilon_l) = R_l + R_l \beta T + R_l \gamma_l \varepsilon_l, \quad (1)$$

У процесі термо- і тензометрії використовується два резистори, для яких справедливе співвідношення (1). Маючи залежності  $R(T)$  при  $\varepsilon_l = 0$  і  $R(\varepsilon_l)$  при  $T = T_n$  для двох резисторів, на основі залежностей  $R_1(T, \varepsilon_l)$  і  $R_2(T, \varepsilon_l)$  одночасно були розраховані  $\beta$  і  $\gamma_l$ . Отримані залежності і результати розрахунків співпали з відомими літературними даними для  $\beta$  і  $\gamma_l$ . Актуальним питанням про чутливі елементи тензодатчиків є застосування оксидних плівок, зокрема  $\text{TiO}_2$ , що є основою методу вимірювання КТ при згинанні підкладки консольного типу. Суть методу полягає в тому, що оксидна плівка є з одного боку діелектричним прошарком товстоплівкового металевого конденсатора, а з іншого – тензорезистор. Формула для  $\gamma_l$  матиме вигляд:

$$\gamma_l = \Delta C / C \cdot \varepsilon_l^{-1},$$

де  $C$  – ємність плоского конденсатора,  $\varepsilon_l$  – деформація.

Перспективу подальшого розвитку тензометрії слід пов'язувати із нанотрубками, як терморезисторами. Для них  $\gamma_l$  становить величину від – 200 до + 200 одиниць.

Робота виконана під керівництвом проф. І.Ю. Проценка.

1. Lichtenwalner D.J. et al., Sens. Acaut. A. **135**, 593 (2006).



## **ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛІПСОМЕТРІЇ ТА РЕНТГЕНІВСЬКОЇ РЕФЛЕКТОМЕТРІЇ (XRR)**

Тищенко К.В., *студент*; Федченко О.В., *студент*

Генетичні алгоритми – це адаптивні методи пошуку, які останнім часом широко застосовуються для розв’язання задач оптимізації (див., наприклад, [1]).

Метод рентгенівської рефлектометрії, який широко використовує генетичні алгоритми, базується на вимірюванні відбивної здатності рентгенівських променів поверхнею матеріалу поблизу критичного кута повного зовнішнього відбиття. Результати вимірювань можуть бути використані для вивчення структурно-фазових властивостей матеріалів.

Розроблене нами програмне забезпечення використовує сумісний генетичний алгоритм, що дозволяє знаходити фізичні розв’язки для змодельованих багат шарових плівкових систем, використовуючи одночасно експериментальні дані, отримані методами еліпсометрії та рентгенівської рефлектометрії. Головна стратегія алгоритму – пошук таких параметрів моделі, при яких має місце мінімальна розбіжність між експериментальними та розрахунковими даними.

Програмне забезпечення розроблене в середовищі програмування компанії National Instruments LabVIEW 8.6 (зовнішній вигляд лицьової панелі наведений на рис.1). Масив кластерів 1 слугує для задавання розрахункового стеку та відображення результатів. Група кнопок 2 використовується для додавання або віднімання шарів у розрахунковий стек. Позиція 3 слугує для операцій з файлами, старту та зупинки розрахунку, а позиція 4 – меню для керування програмою. Позиція 5 використовується для відображення поточної похибки розрахунку.

Для обробки даних рентгенівської рефлектометрії використовувалися декілька теоретичних моделей: Паратта, інтердифузії, профілів і модель, що враховує реплікації. Користувач самостійно вибирає необхідну йому модель.

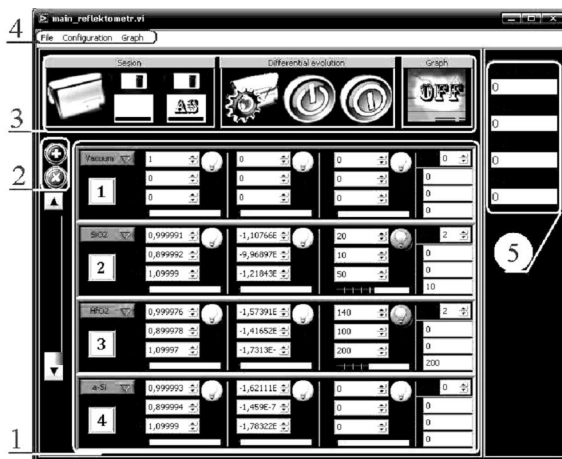


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд лицьової панелі

Основною для розрахунку теоретичних моделей рентгенівської рефлектометрії служить рекурсійна формула Паратта. Модель інтердифузії враховує при розрахунках дифузію між шарами плівкової системи, модель профілів враховує характер нерівностей кожного інтерфейсу, остання модель враховує взаємні реплікації шарів плівкової системи.

Коректність розрахунків перевірялась за допомогою програмного забезпечення GenX [2].

Робота виконана в рамках спільного проекту № М/54 – 2009 науково-технічного співробітництва між Сумським державним університетом та Університетом м. Марібор (Словенія) під керівництвом доцента Проценка С.І.

1. М.Г. Демиденко та ін., Вісник СумДУ. Серія фізика, математика, механіка. №1, 33 (2008).
2. Bjorck M., Andersson G., J. Appl. Cryst. **40**, 1174 (2007).

## ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ LABVIEW ДЛЯ ПОБУДОВИ REMOTE ЛАБОРАТОРІЙ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРЕМЕНТУ

Годунов М.М., *студент.*

В останні роки у процесі розвитку інформаційних комп'ютерних технологій в освіті з'явився новий термін "Remote Laboratories", що з англійської означає «Віддалені лабораторії». Віддалена лабораторія є деяким інформаційним середовищем, що дозволяє проводити експерименти, не маючи безпосереднього доступу до об'єкту дослідження. Комунікаційна частина складається з web-сервера і спеціального програмного забезпечення, що взаємодіє з програмами платформи за допомогою локальної обчислювальної мережі і що здійснює ряд сервісних функцій.

LabVIEW – потужне і гнучке програмне середовище, яке широко використовується для проведення вимірів і аналізу отриманих даних. LabVIEW – це пакет програмного забезпечення для ефективного відображення і представлення даних. Вихідні дані можуть бути показані в будь-якій формі: діаграми, графіки стандартного вигляду, а також оригінальна призначена для користувача графіка, складають лише малу частину можливих способів відображення вихідних даних. На лицевій панелі виносяться моделі усіх потрібних перемикачів, які майже нагадують реальні.

Метою роботи було розробити програмне забезпечення (використовуючи мову програмування LabVIEW 8.6 компанії National Instruments та модуль машинного зору IMAQ Vision), яке б реалізовувало розпізнавання електроннограм, отриманих за допомогою з просвічуючого електронного мікроскопу ПЕМ-125К, з подальшим розрахунком параметру ґратки досліджуваного матеріалу.

В розробленій програмі розпізнавання проходить за допомогою технології IMAQ Vision, яке включає модулі захвату зображення з практично всіх поширених джерел відеосигналів – аналогових і цифрових відеокамер різних стандартів і конфігурацій.

На першому етапі роботи програми необхідно проаналізувати еталонний зразок (як правило це електроннографічний знімок тонкої плівки Al) і визначити сталу приладу за допомогою основних рівнянь електроннографії. Після отримання сталої приладу розпізнається та

аналізується задана електронограма від невідомого зразка та визначається матеріал та вид кристалічної решітки.

На завершальному етапі проводиться реалізація цієї програми за допомогою технології Web Service (RESTful) у Інтернет-орієнтоване програмне забезпечення. Це дало змогу побудувати віддалену лабораторію, в якій би могли працювати користувачі через мережу Інтернет за допомогою звичайного Інтернет-браузера без встановлення на робочий комп'ютер будь-якого додаткового програмного забезпечення в тому числі LabVIEW або Run Time Engine. У технології RESTful доступ до мережі Інтернет складено з декількох рівнів протоколу: фізичного та програмного. На рис. 1 показано структуру «запит-відгук» віртуального приладу LabVIEW через Web Service з мережею Інтернет.



Рисунок 1 – Структура взаємодії віртуального приладу LabVIEW через web service в мережі Інтернет

За допомогою пакету програмування Adobe Flex розроблено зручний інтерфейс для користувача, який він буде спостерігати при роботі через мережу Інтернет. Adobe Flex – технологія для створення Rich Internet Applications. Це пакет для об'єктно-орієнтованого створення веб-керуючих програм, в технології якого використовується симбіоз декількох мов програмування, таких як C++, Javascript 2 і 3, Actionscript. Adobe Flex окрім швидкості розробки, надає повні мультимедійні можливості Flash Platform: містить в собі потокове відео, звук, бінарні сокети та інші. В інтерфейсі розробленої нами програми реалізовано максимальне наближення до лицевої панелі LabVIEW програми для розпізнавання знімків електронограм.

Робота виконана в рамках спільного проекту про науково-технічне співробітництво № М/54-2009 між Сумським державним університетом та Університетом м. Марібор (Словенія) під керівництвом доцента Проценка С.І.

## LOW COST СКАНУЮЧИЙ ТУНЕЛЬНИЙ МІКРОСКОП

Булатов С.А., *студент*; Демиденко М.Г., *аспірант*

У процесі дослідження нанооб'єктів постає проблема відображення поверхневої об'ємної картини матеріалів. Для її розв'язання необхідно застосовувати прецизійне обладнання, яке в свою чергу має велику вартість. Було поставлено за мету розробити такий прилад, який би мав робочі характеристики на рівні комерційних приладів, але має значно нижчу собівартість.

Принцип роботи СТМ базується на явищі протікання тунельного струму між двома зразками на дуже малих відстанях (декілька нанометрів) при прикладенні зовнішньої напруги. Як скануючий зонд використовується атомарно гостра голка, яка закріплена на триподі для прецизійного позиціонування. Мікроскоп може працювати в режимі постійного струму (для більшості випадків) або в режим постійної висоти (для «гладких поверхонь»).

СТМ реалізовано, як сукупність апаратного та програмного комплексу. Апаратна частина включає в себе такі елементи: попередній підсилювач (виконую роль перетворювача «струм»- «напруга» з коефіцієнтом  $10^8 \div 10^9$ ), плата контролю (включає ПІ-регулятор, систему позиціонування скануючого зонда, систему регуляції таких робочих параметрів як швидкодія, величина тунельного струму, напруга між зразком та зондом), плата збору даних та АЦП.

Програмна частина реалізована за допомогою графічної мови програмування LabVIEW 8.6 компанії National Instruments, що дає гнучку та повну систему контролю в процесі роботи з мікроскопом. Програмний комплекс працює в режимі «реального часу», що дозволяє слідкувати за всіма процесами і не втрачати критичну інформацію. Паралельно організована фільтрація отриманих даних.

За допомогою СТМ можна дослідити топологію поверхні з великою роздільною здатністю. Мікроскоп може застосовуватися для досліджень в області нанотехнології, хімії, медицині, біотехнологій.

Робота виконана в рамках спільного проекту про науково-технічне співробітництво №М/54-2009 між Сумським державним університетом і Університетом м. Марібор (Словенія) під керівництвом доцента Проценка С.І.

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПАРАМЕТРИ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРА

Волк Ю., *учень*; ЗОШ № 2, м. Суми

Колівальний контур та системи контурів слугують для виділення коливань певної частоти. За формулою Томсона частота коливального контуру  $f = 1/(2 \cdot \pi \cdot L^{0.5} \cdot C^{0.5})$ , де  $L$  – індуктивність котушки,  $C$  – ємність конденсатора. Тому стабільність частоти контуру напряму залежить від стабільності ємкості та індуктивності, на які найбільший вплив виявляє температура оточуючого середовища, так як при цьому змінюються геометричні розміри цих елементів, електричні властивості матеріалів з яких вони виготовлені.

У даній роботі досліджено вплив температури в діапазоні від  $-20$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  на резонансну частоту контуру, а також перевірку способів подолання та компенсації температурного впливу. Розглядалися методи термостатування, підбір конструкції та матеріалів для виготовлення котушки та конденсатора, застосування конденсаторів з додатнім та від'ємним ТКЕ.

Робота виконана під керівництвом керівника гуртка «Радіоелектроніка» Центру НТТМ Щеглова С.В. та студента Булатова С.А.

## ЛАМПОВИЙ ПІДСИЛЮВАЧ

Родін В., *учень*; ЗОШ № 23, м. Суми

У наш час лампові підсилювачі повністю витиснуті підсилювачами на транзисторах та мікросхемах через характерні недоліки: велике споживання енергії, низька надійність та крихкість радіолампи, обмежений (500 годин) термін роботи радіолампи, велика вага та габарити апарату на радіолампах. У роботі проведено дослідження двох підсилювачів – лампового підсилювача потужністю 6 Вт на радіолампі 6П14П та транзисторного такої ж потужності.

Використовувався вимірювач нелінійних перетворень типу С6-1. Також слухачі з музикальним слухом прослуховували обидва підсилювача. Суб'єктивно ламповий підсилювач з коефіцієнтом гармонік звучав на 1,5% краще, ніж транзисторний з коефіцієнтом гармонік 0,1%.

Робота виконана під керівництвом керівника гуртка «Радіоелектроніка» Центру НТТМ Щеглова С.В. та студента Булатова С.А.

## ТЕЛЕГРАФІЯ ТА РАДІОМОВЛЕННЯ

Применко Т., *учень*; Брязкун З., *учень*; Щеглов В., *учень*; Моїсєєнко В., *учень*;  
ЗОШ №27, м. Суми

Телеграфний зв'язок – це передача по дротам інформації у вигляді знаків. В апараті Морзе передаються символи, утворені комбінацією крапок та тире, що відповідають певним літерам алфавіту. Звісно, це створило певні незручності, але в порівнянні з літеродрукуючими пристроями того часу (Юза, Бодо) цей телеграфний апарат був дійсно простим, надійним та дешевим. Даний апарат складався з двох частин: електромагніта з коромислом та пишущим пристроєм (колесо з краскою), пружинного механізму подачі паперової стрічки.

Апарат Морзе приводиться до дії пропусканням крізь електромагніт струму через спеціальний вимикач – телеграфний ключ. Два однакових апарати могли забезпечити зв'язок на відстані в декілька десятків кілометрів.

Герц встановив, що при електричному розряді на деякій відстані від нього виникає іскра між полюсами вібратора, при цьому середовище переносить електромагнітну хвилю. В свою чергу, при випроміненні радіохвиль залізна тирса у трубці Бранлі злипалась та проводила електричний струм.

О.С. Попов використовував ці відкриття при виготовленні свого апарату. При наявності радіохвиль трубка Бранлі (когерер) вмикала звичайний електродзвоник, молоток якого струшував тирсу. Коло розмикалось та грозовідмітник був готовий реєструвати кожне нове виникнення радіохвиль в ефірі. Через деякий час радіо Попова було замінено детекторним радіоприймачем, який вважається самим простим апаратом для прийому модульованих радіосигналів, він не потребує для своєї роботи джерел живлення, використовуючи лише енергію радіохвиль. Приймач складається з малої кількості деталей: котушка індуктивності, конденсатор, гучномовець та детектор (від якого приймач отримав свою назву).

Розглянемо принцип роботи приймача. Електромагнітні коливання потрапляють від антени до паралельного коливального LC контуру. У випадку збігу частоти сигналів з власною частотою коливального контуру їх амплітуда збільшується в декілька разів та досягає декількох мілівольт. Цього достатньо, щоб привести в дію мембрану гучномовця. Однак попередньо ВЧ коливання повинні бути перетворені в коливання постійного струму. Цю функцію виконує детектор – напівпровідниковий випрямляч, який зазвичай виконувався самостійно оригінальним методом. У гуртку «Радіоелектроніка» центру НТТМ були виготовлені детектор та радіоприймач та перевірена їх робота.

Робота виконана під керівництвом керівника гуртка «Радіоелектроніка» Центру НТТМ Щеглова С.В. та студента Булатова С.А.

## ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Талалай Є.А., *магістрант*; Абід Аль-Карім М. Мухаммед, *аспірант*

У напівпровідниках із прямими оптичними переходами коефіцієнт поглинання випромінювання настільки великий, що поглинання фотоактивної частини сонячного спектра відбувається в шарі товщиною не більше декількох мікрометрів. У той же час більшість сонячних елементів, що випускаються, виготовляється з монокристалічних напівпровідникових пластин. То в цьому розриві між теоретичними й практичними можливостями таїться значний резерв подальшого здешевлення сонячних елементів, що може зробити доцільним й економічно виправданим використання їх у наземних енергетичних системах різної потужності.

Метою роботи є дослідження основних видів тонкоплівкових сонячних елементів та їх основних характеристик, способи покращення цих характеристик та методи виготовлення елементів.

Поверхні сонячних елементів досліджувалися за допомогою скануючого тунельного мікроскопу.

Використання тонких плівок в якості основних матеріалів для сонячних елементів є основним напрямком сучасного розвитку сонячної енергетики, внаслідок кращих параметрів тонкоплівкових елементів у порівнянні з елементами виготовленими з масивних матеріалів.

Рентгенівські дифрактограми плівок твердих розчинів  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  виявляють систему ліній, що відповідають структурам типу халькопірита. Плівки мають текстуру з переважною орієнтацією в площині (112).

Використання температурного режиму з частковим розділенням процесу лазерного осадження і термічна обробка дозволяють отримувати кристалічні плівки GIS практично без зміни складу.

Дослідження зразків в скануючому тунельному мікроскопі показали, що зразки мають різну шорсткість і в деяких із них виявлені домішки, які не спостерігаються в інших зразках.

Робота виконана під керівництвом доцента О.П. Кульментьєвої.



## **СЕКЦІЯ 3**

# **«ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В МАТЕРІАЛАХ МІКРО- І НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»**

## ФАЗОВИЙ СКЛАД ПЛІВОК НА ОСНОВІ Fe, Cr і Pd

Черниш М.Г., студент

Перспективи розвитку мікроелектроніки пов'язуються із переходом на 45 нм рівень в технології застосування тонких плівок. Цей фактор зумовлює інтенсивні дослідження структурно-фазового стану, електрофізичних властивостей, процесів взаємної дифузії компонентів у тонкоплівкових багат шарових системах. Магнітні металеві надрешітки вважаються перспективними матеріалами для мікро- і наноелектроніки завдяки характерному для них ефекту гігантського магнітоопору.

Метою роботи є проведення структурних і фазових досліджень двошарових плівкових систем на основі Fe, Cr і Pd; встановлення особливостей фазоутворення в двошарових плівках на основі вказаних елементів.

Методика дослідження полягала в отриманні тонких двошарових плівок на основі Fe, Cr і Pd шляхом напилення їх методом вакуумної конденсації та дослідженні фазового складу та кристалічної структури плівок з використанням просвічуючого електронного мікроскопу ПЕМ-125К.

Проведені в роботі дослідження фазового складу тонкоплівкової системи Cr/Fe (рис.1, а,б) дозволили встановити утворення ОЦК твердих розчинів ( $\alpha$ -Fe, Cr), пов'язаних із кінетичними умовами конденсації, зокрема перегрівом плівки, коли осадження верхнього шару призводить до перегрівання плівкової системи вцілому і спричиняє утворення твердого розчину, який стабілізується навіть при кімнатній температурі. Утворення т.р. також пов'язано із взаємним проникненням атомів компонентів вже на стадії конденсації верхнього шару. Розраховані міжплощинні відстані і параметр решітки плівкової системи повністю співпали з літературними даними.

Аналіз мікроструктури плівки Fe/Cr (рис 1,б) свідчить про її низькодисперсність, оскільки середні розміри кристалітів плівки Fe(46)/Cr(19) мають величину 15-20 нм.

Розраховано, що плівка Pd (рис. 1, в, г) має ГЦК-структуру із параметром решітки  $a = 3,89\text{\AA}$ , що повністю відповідає відомим літературним даним.

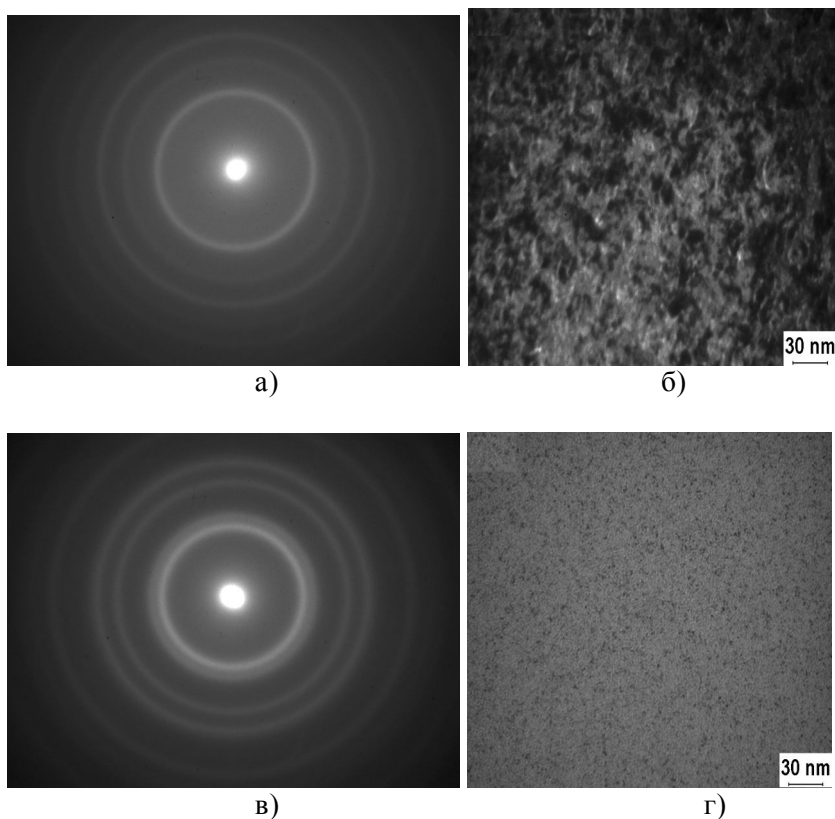


Рисунок 1 – Електронограма (а, в) і мікроструктура (б, г) плівок Fe(46nm)/Cr(19nm) (а, б) і плівки Pd (18nm) (в, г)

Мікроструктура плівки Pd свідчить про її високу дисперсність, оскільки середній розмір кристалітів має величину порядку 2-4 нм.

Особливості фазоутворення у плівкових системах на основі Fe і Cr пов'язані із утворенням твердих розчинів (Cr, Fe) та оксидів  $Fe_3O_4$  і  $Fe_2O_3$ .

Робота виконана під керівництвом доцента Н.І. Шумакової.

## ПРОЦЕСИ ФАЗОУТВОРЕННЯ У БАГАТОШАРОВИХ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ТА ТИТАНУ

Воробйов С.І., *студент*; Шабельник Ю.М., *студент*;  
Степаненко А.О., *асистент*

Одним із шляхів синтезу тонкоплівкових інтерметалідів є високотемпературна обробка багатошарових метастабільних структур, що складаються із компонентів, здатних вступати у взаємодію. В результаті вихідна шарувата структура зникає і система представляє собою однорідну структуру нової фази [1]. До таких систем можна віднести і багатошарові наноструктури на основі титану і алюмінію, у яких при певних умовах можливі твердофазні реакції з утворенням  $Ti_3Al$ ,  $TiAl$  та  $TiAl_3$  [2]. Температура активації твердофазних реакцій у багатошарових плівкових системах є меншою ніж у масивних зразках, наприклад, при спіканні порошко-вих сумішей. Більшість реакцій у плівкових системах протікає в інтервалі температур  $400 \div 800$  К. Інтерес дослідників викликають і багатошарові наноструктури, що представляють собою чергування нанорозмірних шарів різних матеріалів, оскільки вони мають і самостійну цінність внаслідок того, що поєднують як властивості шаруватих структур так і властивості нанооб'єктів. Така подвійна природа багатошарових наноструктур проявляються в унікальні магнітоелектричних, механічних, теплофізичних та ін. властивостях.

Метою даної роботи є визначення впливу температурної обробки на структурно-фазові характеристики багатошарових плівкових систем на основі  $Ti$  та  $Al$ . Було використано спосіб отримання плівкових зразків за методикою, суть якої полягає у наступному. Підкладки кріпились на круглому тримачі, приєднаному до електродвигуна, що міг обертатися із кутовою швидкістю 180 об./хв. Випарування  $Ti$  і  $Al$  здійснювалось термічним методом з резистивних джерел зі швидкістю конденсації, яка могла регулюватися від 0,5 до 3 нм/с. Пошарова конденсація на підкладку відбувалась, коли вона проходила в зоні пару металу. Товщина окремих шарів компонент плівкової системи визначалась швидкістю випарування із конкретного термічного джерела. На рисунку 1 приведено результати електронно-мікроскопічних досліджень плівкових систем, отриманих за вказаною методикою.

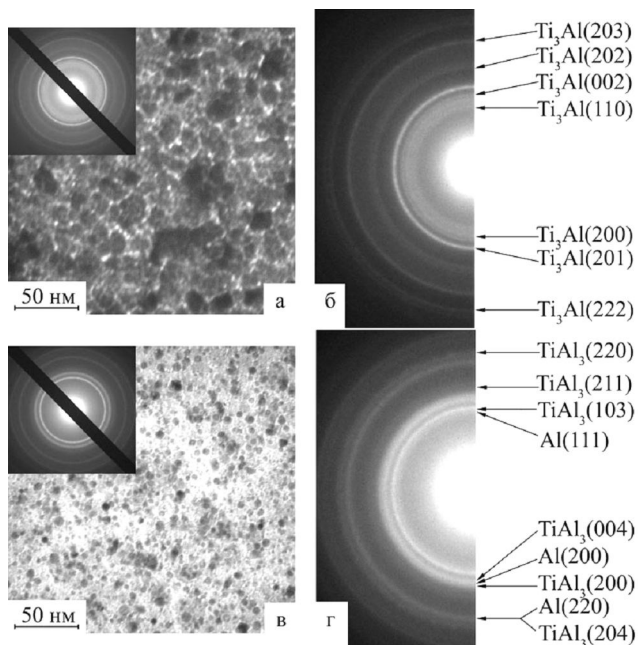


Рисунок 1 – Мікроструктури плівкових систем  $Ti_{0,8}Al_{0,2}$  у свіжосконденсованому стані (а) та  $Ti_{0,2}Al_{0,8}$ , відпаленої до 900 К (в) і відповідні дифракційні картини (б), (г)

У системі  $Ti_{0,8}Al_{0,2}$  (індексами позначена масова концентрація компонентів) інтерметалідна фаза  $Ti_3Al$  формується вже у процесі конденсації. Для системи  $Ti_{0,2}Al_{0,8}$  у свіжосконденсованому стані характерна однорідна наноструктура. Після відпалювання до 900 К у системі кристалізується фаза  $TiAl_3$ . Обидві інтерметалідні фази є високоомними, а температурні залежності питомого опору мають неметалевий характер.

Робота виконана під керівництвом проф. А.М. Чорноуса.

1. Chen T., et al., Sur. Coat. Tech., №201, 5059 (2007).
2. Ягубова И.Ю. и др., Изв. РАН. Серия физическая **71**, №3, 278 (2007).

## МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Fe I Cr

Білинська О.М., *магістрант*; Синашенко О.В., *аспірант*;  
Шумакова Н.І., *доцент*

Вивчені магніторезистивні властивості багатошарових плівкових систем на основі Fe/Cr з антиферромагнітною обмінною взаємодією шарів.

Плівкові системи отримувались в високовакуумній установці (див. рис. 1), вакуумна система якої (форвакуумний та магніто-розрядний насоси) дозволяє досягати вакуум порядку  $10^{-6}$  Па. Вимірювання магнітоопору (МО) проводилось за двохточковою схемою в двох геометріях по відношенню до прикладеного магнітного поля. Максимальна величина індукції поля становить 60 мТл.

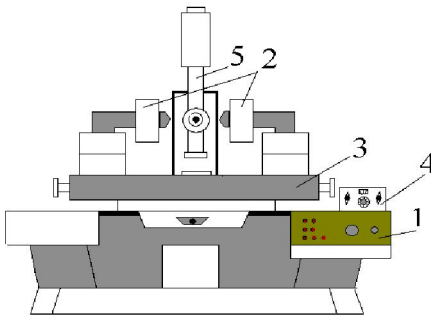


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд установки для дослідження магнітоопору:

- 1 – панель керування;
- 2 – система з двох електромагнітів;
- 3 – платформа, на якій розміщуються електромагніти;
- 4 – блок керування магнітним полем;
- 5 – вакуумна камера

Проведені дослідження систем  $[\text{Fe}(8)/\text{Cr}(2)]_n/\text{Fe}(8)/\text{П}$ , де  $n$  – кількість фрагментів Fe/Cr від 1 до 3, показали, що величина МО має більше значення в паралельній геометрії. Збільшення кількості фрагментів Fe/Cr призводить до зростання величини магнітоопору (від 0,11 до 0,15% в паралельній геометрії, та від 0,09 до 0,11% в перпендикулярній геометрії), аналогічно [1]. Малі значення МО пояснюються досить товстими прошарками хрому та феромагнітного заліза, між якими реалізується слабка обмінна взаємодія.

Робота виконана в рамках спільного науково-технічного проекту між Сумським державним університетом і Університетом Барода (м. Ваходара, Індія).

1. Parkin S.S.P., Annu. Rev. Mater. Sci. **25**, 357 (1995)

## МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Fe і Cu

Білінський Є.А., *магістрант*; Синашенко О.В., *аспірант*

Широке використання нанокристалічних багатошарових плівкових систем в мікроелектроніці постійно стимулює дослідження в них різних явищ, в тому числі ефекту магнітоопору (МО). Вивчені магніторезистивні властивості багатошарових плівкових систем на основі Fe і Cu. Методика отримання плівкових зразків та вимірювання МО приведена в роботі [1].

Систему Fe(11)/[Cu(2)/Fe(6)]<sub>n</sub>/П було вивчено на прикладі двох зразків – із  $n = 4$  і 5 повтореннями. Величина МО для першого і другого зразків складає відповідно 0,18% та 0,55%. Відпалювання зразка Fe(11)/[Cu(2)/Fe(6)]<sub>5</sub>/П до 800К призвело до зменшення величини МО в паралельній геометрії в 1,5 рази і до збільшення в 2 рази в перпендикулярній геометрії. При відпалюванні відбувається збільшення величини зерна і середньої довжини вільного пробігу електронів. Був розглянутий вплив товщини підшару для системи Cu(2)/Fe(6)/Cu(2)/Fe( $d_{Fe}$ )/П, де  $d_{Fe}$  складає 6 і 11 нм. Значення величини МО при зменшенні товщини першого шару заліза зросло з 0,07% до 0,41% (для паралельної геометрії) і з 0,05% до 0,49% (для перпендикулярної геометрії). Результати аналогічні отриманим у роботі [2].

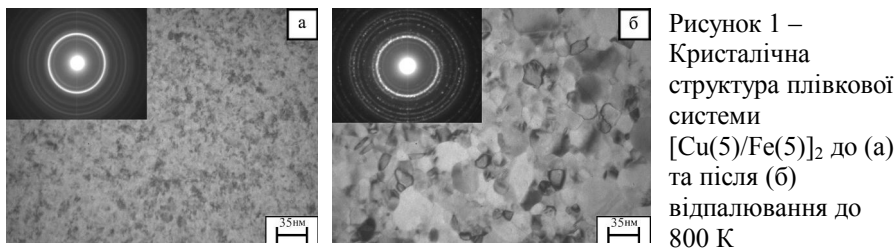


Рисунок 1 – Кристалічна структура плівкової системи [Cu(5)/Fe(5)]<sub>2</sub> до (а) та після (б) відпалювання до 800 К

Дослідження структурно-фазового стану плівкової системи [Cu(5)/Fe(5)]<sub>2</sub> до та після відпалювання до 800 К (див. рис.1) вказують на її двофазний склад.

Робота виконана в рамках спільного науково-технічного проекту між Сумським державним університетом і Інститутом фізики САН (м. Братислава) під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Білінська О.М., Шумакова Н.І., Синашенко О.В. Магніторезистивні властивості багатошарових плівкових систем на основі Fe і Cr // Матеріали науково-технічної конференції факультету електроніки та інформаційних технологій. – Суми: СумДУ, 2009р.
2. Parkin S.S.P., Annu. Rev. Mater. Sci. **25**, 357 (1995)

## ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МІДІ ТА ВАНАДІЮ В УМОВАХ ФАЗОУТВОРЕННЯ

Кусенко Д.В., *магістрант*; Матрос А.О., *студент*;  
Шпетний І.О., *доцент*

Дослідження та прогнозування електрофізичних властивостей плівкових систем в умовах фазоутворення та взаємної дифузії атомів компонентів є дуже важливою і актуальною задачею мікроелектроніки.

Проведено експериментальні комплексні дослідження структурно-фазового стану та електрофізичних властивостей в двошарових плівках на основі Cu та V, термостабілізованих в температурному інтервалі до  $T_g = 850\text{K}$ . Методом просвічуючої електронної мікроскопії встановлено, що плівкова система зберігає індивідуальність шарів (тобто залишається двошаровою) при термостабілізації в інтервалі температур до  $T_g \cong 700\text{K}$ , що якісно узгоджується з діаграмою стану [1] для масивних систем. У деяких випадках, при певному співвідношенні концентрацій компонентів було зафіксовано утворення обмеженого твердого розчину (Cu, V). При збільшенні температури відпалювання в інтервалі  $700 < T_g < 850\text{K}$  відбувається активне окислення міді і ванадію та утворення оксидів  $\text{VO}_x$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$  та  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Дослідження електрофізичних властивостей плівкових зразків при термостабілізації та порівняння експериментальних значень термічного коефіцієнту опору (ТКО) з розрахунковими даними на основі теоретичних співвідношень макроскопічної моделі та формули сплавів [2] показали наступне. Розрахунки на основі макроскопічної моделі дають краще узгодження з експериментом  $((\beta_{\text{експ}} - \beta_{\text{роз}})/\beta_{\text{експ}} = 0,2-0,5)$ , ніж розрахунки за формулою сплавів  $((\beta_{\text{експ}} - \beta_{\text{роз}})/\beta_{\text{експ}} = 0,7-0,9)$ , що узгоджується з результатами дослідження структурно-фазового стану.

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Т.2. / Под. ред. Н.П.Лякишева.– Москва: Машиностроение, 1997.–1023 с.
2. В.Б.Лобода, С.М.Пирогова, С.І.Проценко, Вісник СумДУ. Серія фізика, математика, механіка, №3-4, 74 (2001).



## ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ПЛІВКОВИХ СПЛАВІВ CoNi В ОБЛАСТІ МАЛИХ ТОВЩИН

Лобода В.Б., доцент; Салтикова А.І., доцент; Кравченко В.О., викладач; Шкурдода. Ю.О., м.н.с.

Сумський державний педагогічний університет

Електрофізичні властивості острівцевих плівок металів суттєво відрізняються від властивостей суцільних плівок та масивних матеріалів. Зокрема, їм властива експоненційна залежність опору від температури і, як наслідок, від'ємний термічний коефіцієнт опору (ТКО) [1]. Це вказує на активаційну природу провідності таких плівок. При збільшенні ефективної товщини збільшується внесок звичайної металічної залежності опору від температури, так що питомий опір плівки може бути описаний співвідношенням [2]:

$$\rho(T) = \rho_0(1 - \beta T) + C \exp(E_a/kT). \quad (1)$$

Нами проведено дослідження надтонких плівок сплаву CoNi (ефективна товщина  $d \sim 5-35$  нм) в інтервалі температур 150-700 К. Плівки конденсувалися на скляні підкладки електронно-променевим випаровуванням. Термостабілізація плівок проводилася в умовах надвисокого вакууму ( $\sim 10^{-6}-10^{-7}$  Па) для запобігання окисленню зразків.

В процесі I циклу термостабілізації спостерігається необоротне зменшення опору (в 50-100 разів) внаслідок укрупнення острівців; для подальших циклів залежності  $\rho(T)$  практично співпадають.

Плівкам з ефективною товщиною  $d < 10-12$  нм властива чітко виражена експоненційна залежність опору від температури. Розрахунок енергії активації провідності дає величину порядку 0,1-0,06 еВ для плівок товщиною 5-10 нм. Зі збільшенням товщини енергія активації зменшується і при  $d > 25$  нм експоненційна залежність не спостерігається. В перехідній області товщин  $d \sim 20$  нм плівки мають близьке до нуля значення ТКО, а при подальшому збільшенні товщини знак ТКО змінюється на додатній.

1. Трусов Л.И., Холмянский В.А. Островковые металлические пленки. – М.: Металлургия, 1973.
2. Технология тонких пленок. Справочник / Под ред. Майссела Л., Глэнга Р. – М.: Сов. радио, 1977.

## АДГЕЗІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК МІДІ

Шумакова М.О., учениця ЗОШ №9, м. Суми

В останні десятиліття проводяться активні дослідження механічних властивостей тонких металевих плівок, таких як міцність, макронапруження, адгезія та ін. Із усіх механічних властивостей, мабуть, найбільш важливою є адгезія – величина, яка характеризує силу взаємодії плівки із підкладкою. Адгезія до великої міри обумовлює ресурс роботи плівкових елементів, зокрема, вона відіграє виключну роль у функціонуванні плівкових термо- і тензосенсорів. Дослідження різних авторів показали, що плівки таких металів як  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$  та ін. мають високу адгезійну здатність на скляних підкладках.

Для проведення вимірювань величини адгезії ( $A$ ) плівок  $\text{Cu}$  нами використовувався метод Стонні, або метод відшарування плівки від підкладки. Знаючи зусилля, яке прикладається для відшарування плівки, можна розрахувати величину адгезії. Для одержання величини тангенціальної адгезії ( $A_\tau$ ) необхідно залежність  $A$  від  $\varphi$  (кут між площиною плівки і напрямом дії сили) проекстраполювати на нульовий кут. Відмітимо, що  $A$  при  $\varphi = 0^\circ$  дорівнює нормальній адгезії ( $A_n$ ).

Проведені експериментальні дослідження на плівках  $\text{Cu}$  товщиною  $d = 50\text{-}80$  нм дозволили визначити такі характеристики адгезії:  $A = (6\text{-}9) \cdot 10^4$  (при  $\varphi = (90\text{-}50)^\circ$ ),  $A_n = 6 \cdot 10^4$  і  $A_\tau = 14 \cdot 10^4$  Па, що в цілому узгоджується із літературними даними для плівок інших металів [1]. Відмітимо, що точність вимірювань складає величину  $\pm 0,7 \cdot 10^4$  Па.

Робота виконана під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Гоффман Р. Механические свойства тонких конденсированных пленок //Физика тонких пленок. Т. 3.– М.: Мир, 1968. – С. 225-298.

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПОКРЫТИЯ ИЗ TiN

Кульментьева, О.П. *доцент*; Ахмад М. Махмуд, *аспирант*

В работе изучено сопротивление кавитационной эрозии нанокристаллического покрытия из TiN, нанесенного на нержавеющую сталь методом КИБ. Толщина покрытия составляла 5 мкм. Величина микротвердости покрытия, определенная с помощью микротвердомера ПМТ-3, была равна 20 ГПа.

Полученное покрытие помещалось в дистиллированную воду, куда также опускалась коническая насадка ультразвукового пьезо-керамического излучателя прибора УЗДН-А. Поверхность покрытия находилась на расстоянии  $0,5 \div 2$  мм от излучающей поверхности. Исследования проводились при разной интенсивности кавитации: ультразвуковое облучение проводилось при удельной мощности излучения от 36 до 84 Вт/см<sup>2</sup>. Озвучивание проводилось в течение  $10 \div 30$  мин.

Кавитационная эрозия изучалась методом растровой электронной микроскопии с помощью электронного микроскопа РЭМ-102 в режиме вторичных электронов при ускоряющем напряжении 20 кВ. Кроме того, после каждого испытания образцы взвешивались на микровесах. Для сравнения таким же испытаниям подвергались образцы без покрытий.

Исследуемыми параметрами сопротивления покрытий кавитации были инкубационный период повреждения и мгновенный уровень эрозии после ультразвукового воздействия заданной продолжительности. Было установлено, что нанокристаллическое покрытие из TiN, нанесенное на нержавеющую сталь, вызывает продление инкубационного периода по сравнению со сталью без покрытия, однако показатели мгновенного уровня эрозии близки друг другу. Но после инкубационного периода на образце с покрытием наблюдалось разрушение или локальное отслоение покрытия (эрозия была больше).

Анализ полученных результатов показал, что основными факторами, отвечающими за увеличение инкубационного периода систем с металлической основой и твердым нанокристаллическим покрытием, являются высокая твердость материала основы и высокий уровень адгезии покрытия.

## ВЗАЄМОДІЯ КЛАСТЕРНИХ ТА ІОННИХ ПУЧКІВ З ПОВЕРХНЕЮ ТВЕРДИХ ТІЛ

Макаренко Р.М., *магістрант*; Кульментьєва О.П., *доцент*;  
Кульментьєв О.І., *п.н.с.*

Протягом останніх десятиріч іонні пучки широко застосовуються для модифікації й аналізу властивостей матеріалів. У той же час інтерес до використання молекулярних (або кластерних) іонів виник порівняно нещодавно. Цей інтерес викликаний особливостями бомбардування поверхні такими іонами й унікальними можливостями, які вони відкривають для модифікації й аналізу.

Кластери, це перехідні об'єкти між ізольованими атомами або молекулами і твердим тілом. Вони займають проміжне положення між ван-дер-ваальсівськими молекулами, що містять декілька атомів, і такими дрібно дисперсними частками, як аерозолі [1]. У зв'язку з високою реакційною здатністю (зіткнення двох атомів призводить до їх об'єднання, та утворення кластера з новими властивостями) кластери, як звичай, використовують у вигляді іонізованого пучка.

При взаємодії прискорених іонів з поверхнею твердих тіл спостерігається цілий комплекс процесів, зв'язаних з емісією різного роду вторинних часток, розсіюванням іонів поверхнею, проникненням іонів усередину твердого тіла, тощо. Особливе місце в цьому ряді займає явище емісії атомів твердого тіла, що одержало назву розпилення і відіграє основну роль у руйнуванні поверхні

Взаємодія кластерного пучка з підкладкою, на яку він спрямований залежить від енергії і розміру кластерів. Якщо енергія мала (звичайно нижче 1 еВ на атом), кластер прилипає до поверхні і його атоми розпливаються по ній. У цьому випадку кластер зіштовхується з поверхнею подібно рідкій краплі, так що на першій стадії процесу кластер прилипає до поверхні й утворює з нею плоский контакт. Далі атоми зовнішньої поверхні кластера розходяться по всій поверхні внаслідок дифузійного руху. У результаті атоми утворюють тонку плівку на поверхні підкладки. Якщо енергія кластерів висока, їхнє зіткнення з поверхнею викликає сильне зрушення сусідніх поверхневих атомів. Рух цих атомів створює ерозію матеріалу поверхні і його випаровування, а також викликає рух інших атомів подібно ударній хвилі.

Плівки із впровадженими кластерами можуть застосовуватися як оптичні фільтри, оскільки кластери можуть поглинати випромінювання у визначеній області спектра. Плівки, що складаються з прозорої матриці і впроваджених у неї кластерів, можуть бути використані як елементи оптоелектроніки. Кластер, будучи атомною системою, допускає насичення визначених випромінювальних переходів, так що розглянуті системи можуть працювати як оптичні затвори завдяки нелінійній прозорості

Плівки із впровадженими кластерами магнітних матеріалів (Fe, Co, Ni) є магнітними наноструктурами і подібні багатодоменним магнітним системам. У той же час вони мають переваги перед стандартними магнітними матеріалами. По-перше, розмір елементарних зерен, який для плівок із впровадженими кластерами збігається з розміром кластерів, у декілька разів менше, ніж для звичайних магнітних плівок. Це веде до зниження магнітного поля насичення при використанні такого магнітного матеріалу. По-друге, близькі розміри впроваджених кластерів, що є елементарними магнітними зернами, підвищують точність і селективність приладів, оснований на цих матеріалах. По-третє, можливість зміни параметрів впроваджених кластерів дозволяє створювати магнітні матеріали з заданими параметрами. У такий спосіб, плівки з впровадженими кластерами як матеріали, зібрані з кластерів, є новим перспективним матеріалом.

Особливість метода кластерного іоного пучка полягає в можливості заряджати та прискорювати кластери. Швидкі кластерні іони можуть бути використані для проведення реакції термоядерного синтезу.

Упроваджені кластери вуглецю і кремнію визначених розмірів можуть утворювати фулереноподібні структури з п'ятичленими кільцями на відміну від макроскопічних систем. Це розходження в структурних і хімічних властивостях проявляється й у спектрах поглинання даних систем.

1. Елецкий А.В., Смирнов Б.М., УФН **159** №9, 45 (1989).
2. Смирнов Б.М. УФН **173**, №6, 609 (2003).

**СЕКЦІЯ 4**

**«ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»**

## ВПЛИВ ЕФЕКТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ДОДАТКОВИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОННО-ХВИЛЬОВИХ ЛАЗЕРАХ НА ВІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОНАХ

Куліш В.В., *професор*; Лисенко О.В., *доцент*;  
Ромбовський М.Ю., *асистент*; Єськов І.Є. *студент*

Особливість електронно-хвильових двопотокових супергетеродинних лазерів на вільних електронах (ДСЛВЕ) полягає в тому, що в даній системі реалізується два пов'язаних між собою параметричних резонанси. Перший резонанс має місце між поперечною підсилюваною електромагнітною хвилею сигналу, поперечним Н-убітронним магнітним полем (або поперечною електромагнітною хвилею накачки) та повздовжньою хвилею просторового заряду. Другий резонанс відбувається між трьома повздовжніми хвилями просторового заряду (ХПЗ), одна з яких є електронно-хвильовою накачкою. Обидва параметричних резонанси пов'язані між собою загальною робочою хвилею ХПЗ. Таким чином, в досліджуваній системі відбуваються складні осциляторні процеси. За рахунок поперечного руху електронів в досліджуваній системі збуджуються додаткові магнітні поля, які в свою чергу впливають на процеси взаємодії частинок і хвиль в робочій області електронно-хвильового ДСЛВЕ. В представленій роботі проведено дослідження впливу додаткових магнітних полів на фізичні процеси в електронно-хвильових ДСЛВЕ Н-убітронного типу.

Для чисельного аналізу процесів у системі використовуємо квазігідродинамічне рівняння, рівняння неперервності й рівняння Максвелла. Розв'язки отриманої вихідної системи рівнянь шукаємо за допомогою методів теорії ієрархічних коливань і хвиль. У результаті отримуємо систему вкорочених рівнянь для амплітуд гармонік хвиль, які описують фізичні процеси в електронно-хвильовому ДСЛВЕ.

Аналіз впливу додаткових магнітних полів на фізичні процеси в електронно-хвильових ДСЛВЕ показав наступне. Діамагнітний ефект стає більш сильним для вищих гармонік магнітного поля. Ефект генерації параметрично резонансного магнітного поля ефект суттєво проявляється на кінцевому етапі взаємодії і приводить до зменшення рівнів насичення хвилі сигналу приблизно на 20%.

## ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛН ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА С ШИРОКИМ СПЕКТРОМ В ДВУХПОТОКОВОЙ РЕЛЯТИВИСТКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ

Лысенко А.В., *доцент*; Ромбовский М.Ю., *ассистент*;  
Чернов В.В., *студент*

Построена мультигармоническая нелинейная кубическая теория развития двухпотоковой неустойчивости в плазме двухскоростного релятивистского электронного пучка. При этом произведен учет параметрически-резонансного взаимодействия гармоник волн пространственного заряда (ВПЗ) между собой.

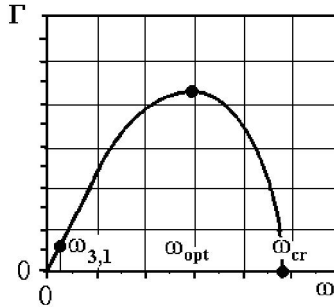


Рисунок 1. Зависимость инкремента  $\Gamma$  нарастающей волны от частоты  $\omega$ .

Особенность нарастающей (затухающей) волн в двухскоростной электронной системе состоит в том, что зависимость волнового числа  $k$  этой волны от частоты  $\omega$  при частоте меньшей критической частоты  $\omega_{cr}$  является линейной [1]:  $k = \omega/\nu_0$ , где  $\nu_0$  – средняя скорость двухскоростного пучка. Поэтому здесь реализуется параметрически-резонансное взаимодействие среди всех гармоник, частота которых меньше критической частоты. Таким образом, если возбудить нарастающую волну ВПЗ с частотой много меньшей критической, то в системе возбудится множество гармоник. В связи с тем, что зависимость инкремента нарастания  $\Gamma$  от частоты  $\omega$  имеет вид [1], представленный на рис. 1, то амплитуды гармоник ВПЗ будут иметь



аналогичный характер (см. на рис. 2 спектр до  $\omega_{cr}$ ). Таким образом, возникает возможность реализовать ситуацию, когда высшие гармоники имеют более высокие значения, чем низшие.

Проанализировано поведение гармоник волны ВПЗ, частота которых превышает критическую. Несмотря на то, что эти гармоники уже не являются собственными, они имеют достаточно высокую амплитуду. При этом просматривается «интерференционный» характер спектра этих гармоник (см. рис. 2). Следует отметить, что «период интерференционной картины» определяется отношением критической частоты к частоте первой гармоники  $\omega_{cr}/\omega_1$ . Спектр, который представлен на рис. 2 построен при условии, что  $\omega_{cr}/\omega_1 = 12$ .

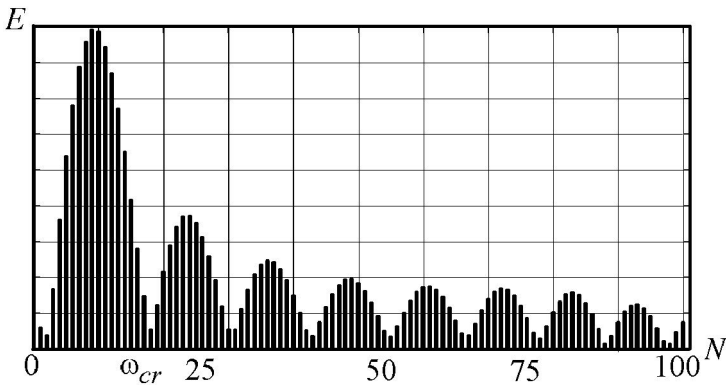


Рис. 2. Спектр гармоник нарастающей волны ВПЗ.

Таким образом, в работе предложен способ формирования волны ВПЗ с широким спектром, который может быть использован, например, для формирования узких, в том числе и фемтосекундных, волновых пакетов [2].

1. Kulish V.V. Hierarchy and asymptotic hierarchical methods in electrodynamics. Hierarchical methods. Vol. I. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 2002.
2. Kulish V.V., Lysenko O.V., Savchenko V.I., Majornikov I.G., Laser Phys. **15**, 1629 (2005).

## КВАДРАТИЧНО-НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАЗМА-ПУЧКОВОГО СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ С Н-УБИТРОННОЙ НАКАЧКОЙ

Кулиш В.В., профессор; Лысенко А.В., доцент;  
Коваль В.В., ассистент; Булатов С.А., студент;

Создание и разработка новых источников мощного электромагнитного излучения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах волн является одной из приоритетных задач современной плазменной релятивистской СВЧ электроники.

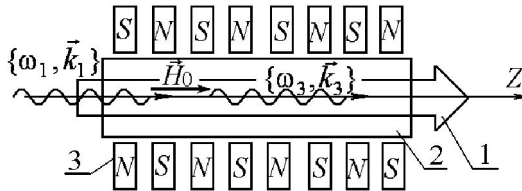


Рисунок 1. Схема плазма-пучкового супергетеродинного ЛСЭ с Н-убитронной накачкой.

В данной работе предложена схема плазма-пучкового супергетеродинного лазера на свободных электронах (ЛСЭ) с Н-убитронной накачкой. Электронный релятивистский пучок 1 с ленгмюровской частотой  $\omega_b$  проходит через плазму 2, характеризующейся частотой  $\omega_p$ . Плазма-пучковая система размещена в продольном фокусирующем магнитном поле с напряженностью  $H_0$ . В качестве накачки используем спиральный ондулятор 3, который характеризуется периодом ондуляции  $\Lambda = 2\pi/k_2$  и напряженностью магнитного поля  $H_2$ . На вход системы также подаем электромагнитный сигнал с частотой  $\omega_1$  и волновым числом  $k_1$ . В результате параметрического резонанса между волной сигнала  $\{\omega_1, \vec{k}_1\}$  и магнитным полем ондулятора  $\{\vec{k}_2\}$  в плазма-пучковой системе возбуждается волна пространственного заряда (ВПЗ) с частотой  $\omega_3$  и волновым числом  $k_3$ . При этом параметры системы выбираем таким образом, что бы волна ВПЗ  $\{\omega_3, \vec{k}_3\}$  имела

максимальный инкремент нарастания вследствие плазма-пучковой неустойчивости.

Особенностью исследуемого плазма-пучкового супергетеродинного ЛСЭ является то, что здесь реализуется эффект супергетеродинного усиления [1]. Сущность его состоит в использовании дополнительного механизма усиления одной из трех волн, которые принимают участие в параметрическом резонансе. В данном случае в качестве дополнительного механизма усиления выступает эффект усиления волны пространственного заряда за счет плазма-пучковой неустойчивости. Роль самого трехволнового параметрического резонанса в исследуемом приборе сводится лишь к переносу дополнительного усиления с ВПЗ на электромагнитную волну сигнала  $\{\omega_1, \vec{k}_1\}$ .

Выяснено, что в исследуемом приборе в зависимости от типов волн, которые принимают участие в параметрическом резонансе, реализуется ряд разных режимов работы такого устройства. Одни режимы позволяют усиливать сигналы, обладающие высокой степенью монохроматичности. Другие режимы позволяют формировать сигнал с достаточно широким спектром сигнала. Проведен нелинейный анализ в квадратичном приближении плазма-пучкового супергетеродинного лазера на свободных электронах с Н-убитронной накачкой. Для проведения расчетов использовали методы теории иерархических колебаний и волн [1]. Определены инкременты нарастания волн в таких приборах. Получено, что исследуемые системы имеют гораздо большие инкременты нарастания, чем эквивалентные двухпоточковые. Показана перспективность использования данных приборов для генерации мощного электромагнитного излучения в миллиметровом диапазоне, для создания мультигармонических систем.

1. Kulish V.V. Hierarchy and asymptotic hierarchical methods in electrodynamics. Hierarchical methods. Vol. I. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 2002.

## МЕХАНИЗМЫ НАСЫЩЕНИЯ СУПЕРГЕТЕРОДИННЫХ ПЛАЗМА-ПУЧКОВЫХ ЛАЗЕРОВ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ С ДОПЛЕРТРОННОЙ НАКАЧКОЙ

Кулиш В.В., *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;  
Коваль В.В., *ассистент*; Рогоз В.Н., *студент*

В работе построена мультигармоническая кубически-нелинейная теория супергетеродинных плазма-пучковых лазеров на свободных электронах с доплертронной накачкой. Рассматриваем модель плазма-пучкового супергетеродинного лазера на свободных электронах с доплертронной накачкой, которая состоит из электронного релятивистского пучка, который проходит через плазму. Плазма-пучковая система размещена в продольном фокусирующем магнитном поле с напряженностью. Накачку выбираем в виде замедленной электромагнитной волны с частотой, которая распространяется навстречу электронному пучку. На вход системы также подаем электромагнитный сигнал. В результате параметрического резонанса между волной сигнала и накачки в плазма-пучковой системе возбуждается волна пространственного заряда (ВПЗ) с частотой. Частоты и волновые числа этих волн в исследуемой системе связаны между собой условием параметрического резонанса. При этом параметры системы выбираем таким образом, что бы волна ВПЗ имела максимальный инкремент нарастания вследствие плазма-пучковой неустойчивости. Особенностью исследуемого плазма-пучкового супергетеродинного ЛСЭ, как известно, является то, что здесь реализуется эффект супергетеродинного усиления.

Проведем анализ механизмов насыщения в данной системе. Для этого рассмотрим поведение амплитуды первой гармоники концентрации плазмы  $n_{p3,1}$  (рис. 1, кривая 1) нормированной на постоянную составляющую концентрации электронов плазмы, и амплитуды первой гармоники волны концентрации пучка  $n_{b3,1}$  (рис. 1, кривая 2) нормированной на постоянную составляющую концентрации электронов пучка от нормированного времени  $\tau$ . На начальном этапе имеет место экспоненциальное нарастание обеих величин. Затем происходит их нелинейная стабилизация. При этом амплитуда 1-й гармоники концентрации плазмы совершает регулярные колебания. Эти колебания обусловлены захватом электронов пучка полем плазменной волны. Захват становится возможным благодаря, с одной стороны, снижению скорости пучка электронов до скорости близкой к фазовой скорости плазменной волны, а с другой стороны, существенному увеличению интенсивности плазменной волны. В результате захвата электроны пучка формируются в сгустки, которые колеблются в пределах квазипотенциальной ямы плазменной волны. Эти сгустки то отдают

плазменной волне энергию, то отбирают обратно. Характерной особенностью этого процесса – за одно колебание плазменной волны сгустки дважды сталкиваются с краями квазипотенциальной ямы. Это приводит к тому, что осцилляции амплитуды  $n_{b3,1}$  происходят вдвое чаще осцилляций амплитуды плазменной волны  $n_{p3,1}$  (см. рис. 1, кривые 1 и 2). При этом уровень модуляции электронного пучка оказывается приблизительно равным единице.

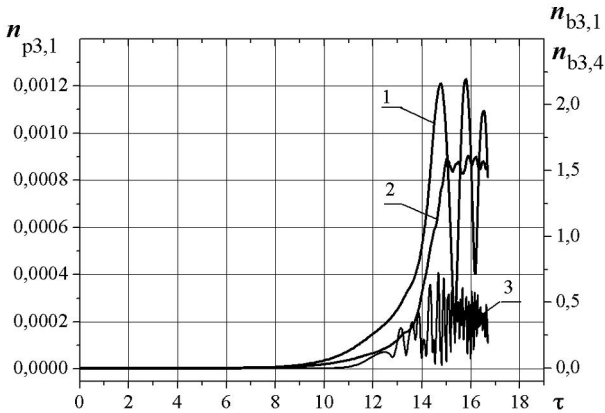


Рисунок 1. Зависимость амплитуды первой гармоники концентрации электронов плазмы  $n_{p3,1}$  (кривая 1) нормированной на постоянную составляющую концентрации электронов плазмы, амплитуд первой  $n_{b3,1}$  (кривая 2) и четвертой  $n_{b3,4}$  (кривая 3) гармоник волны концентрации пучка нормированных на постоянную составляющую концентрации электронов пучка от  $\tau$ .

Анализируя поведение высших гармоник, можно найти, что в данной системе, помимо процессов типа захвата, реализуются также процессы типа нелинейного сдвига частоты. Так, кривая 3 на рис. 1 представляет зависимость амплитуды четвертой гармоники волны концентрации пучка  $n_{b3,4}$  нормированной на постоянную составляющую концентрации электронов пучка от нормированного времени  $\tau$ . Видим, что здесь процессы насыщения начинаются до начала захвата электронов пучка. Эти процессы насыщения связаны с эффектом торможения электронного пучка, как целого, под действием пондеромоторного потенциала. Последнее, в конце концов, приводит к захвату электронов в ямах потенциального рельефа. Отметим, что, как показал анализ, в отличие от «обычных» (параметрических) ЛСЭ, здесь главный вклад в формирование потенциального рельефа вносят плазменные волны плазма-пучковой неустойчивости, как наиболее интенсивные.

## КВАДРАТИЧНО-НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА ПУЧКОВЫХ ВОЛН В ДВУХСКОРОСТНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ПУЧКЕ

Кулиш В.В., *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;  
Ромбовский М.Ю., *ассистент*; Якущенко И.В., *студент*

В последние годы большое внимание уделяется изучению физических процессов, происходящих в плазме релятивистского двухскоростного электронного пучка, который движется во внешних электромагнитных полях сложной конфигурации. Это, в основном, связано с достаточно привлекательными перспективами практического использования таких пучков. Например, в супергетеродинных двухскоростных лазерах на свободных электронах и некоторых других подобных системах плазменной электроники.

В работах, посвященных изучению такого типа физических процессов, рассматривается, как правило, взаимодействие одной из пучковых волн с поперечными периодически-реверсивными электромагнитными полями. Без внимания остается то, что в самом двухскоростном электронном пучке, в принципе, существуют еще и другие волны, между которыми также возможно параметрическое резонансное взаимодействие.

Таким образом, главной целью данной работы являлось устранение выше указанных недостатков. Здесь, в том числе, выполнен детальный анализ всех возможных вариантов параметрических резонансов пучковых волн, проведена их классификация и сформулированы условия их реализации. Найдены инкременты нарастания волн и выяснены условия, когда они являются максимальными. Кроме того, изучены условия, при которых в двухскоростном электронном пучке возможна реализация мультигармонических режимов взаимодействия, то есть таких режимов, когда параметрические резонансные условия одновременно выполняются как для первых, так и для их высших гармоник волн.

Для исследования параметрического резонанса пучковых волн в двухскоростном релятивистском электронном пучке рассматриваем следующую модель. Пространственный заряд пучка считаем скомпенсированным неподвижным ионным фоном, в поперечной

плоскости пучок принимаем однородным. Парциальные взаимно-проникающие электронные пучки характеризуем парциальными плазменными частотами  $\omega_{p1} = \omega_{p2} = \omega_p$  и скоростями  $v_1, v_2$ , которые направлены вдоль оси  $Z$ . При этом  $v_1 - v_2 \ll v_1, v_2$ . Электрические поля пучковых волн (волн пространственного заряда (ВПЗ)) в общем случае считаем мультигармоничными.

Считаем, что в двухскоростном электронном пучке выполняется условие трехволнового параметрического резонанса для ВПЗ.

Используя релятивистское квазигидродинамическое уравнение, уравнение непрерывности и уравнения Максвелла, применяя иерархический асимптотический подход к теории колебаний и волн [1] и метод медленно меняющихся амплитуд нетрудно получить для амплитуд напряженности электрического поля волн ВПЗ систему дифференциальных уравнений в квадратичном приближении.

Анализируя полученную систему уравнений выяснено, что в плазме релятивистского двухпотокового электронного пучка возможна реализация пяти типов параметрических резонансных взаимодействий. Два из них отвечают взрывной неустойчивости, два – процессу распада с повышением частоты, один – суперпозиции взрывной и двухпотоковой неустойчивости. Найдены инкременты нарастания волн в этих процессах. Существенное нарастание волн имеет место в случае взрывной неустойчивости, суперпозиции взрывной и двухпотоковой неустойчивости. Поэтому эти параметрические резонансные взаимодействия нужно обязательно учитывать при анализе двухпотоковых систем. Выяснено, что в данной системе можно реализовать мультигармонические режимы, когда в параметрическом резонансе принимают участие и высшие гармоники волн. Найдены условия, при которых реализуются мультигармоничные режимы.

1. Kulish V.V. Hierarchy and asymptotic hierarchical methods in electrodynamics. Hierarchical methods. Vol. I. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 2002.

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН НА ФОРМИРОВАНИЕ СПЕКТРА ПУЧКОВЫХ ВОЛН

Лысенко А.В., *доцент*; Ромбовский М.Ю., *ассистент*;  
Герасимов С.С., *студент*

Одной из особенностей двухпотоковых релятивистских электронных систем является то, что здесь могут возбуждаться несколько типов волн пространственного заряда (ВПЗ). Между этими волнам ВПЗ возможно параметрически-резонансное взаимодействие. В ряде случаев это параметрически резонансное взаимодействие оказывает существенное влияние на протекание процессов в двухпотоковой релятивистской электронной системе. Это влияние в настоящий момент времени в должной мере не исследовано. Частичной ликвидации этого пробела посвящена данная работа.

Как известно, при развитии двухпотоковой неустойчивости возбуждается достаточно большое число высших гармоник (десятки, сотни) нарастающей волны пространственного заряда, спектр которых имеет интерференционный характер (см. рис. 1). Использование таких волн ВПЗ в системах для формирования узких пакетов электромагнитных волн затруднительно, так как в спектре присутствуют «провалы».

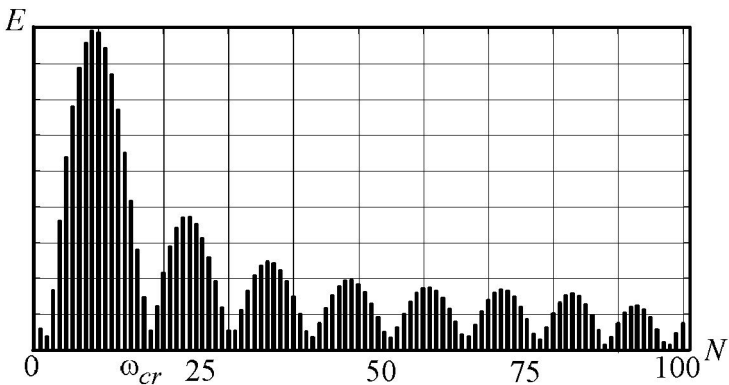


Рисунок 1. Спектр гармоник нарастающей волны ВПЗ в случае отсутствия параметрического резонанса продольных волн.



Для ликвидации этого недостатка в данной работе предложено использовать параметрический резонанс продольных волн. Если с помощью внешних источников возбудить быстрые и медленные волны с частотами, например, равными частотам 14, 15, 16 гармоник (при этом отношение критической частоты к частоте первой гармоники равно 12), то при этом произойдет следующее. Первое, за счет параметрического резонанса гармоник одного типа волн произойдет генерация гармоник с номерами  $15 - 14 = 1$ ,  $16 - 14 = 2$ ,  $14 + 15 = 29$ ,  $14 + 16 = 30$  и так далее. Обратите внимание, что частоты этих гармоник соответствуют «провалам» в базовом спектре волны ВПЗ (см. рис. 1). Второе, за счет параметрического резонанса между волнами разного типа получим дополнительное усиление волн в области 1,2; 15,16; 29,30 и так далее гармоник. В результате этого резонансного взаимодействия волн получим следующий спектр, который изображен на рис. 2.

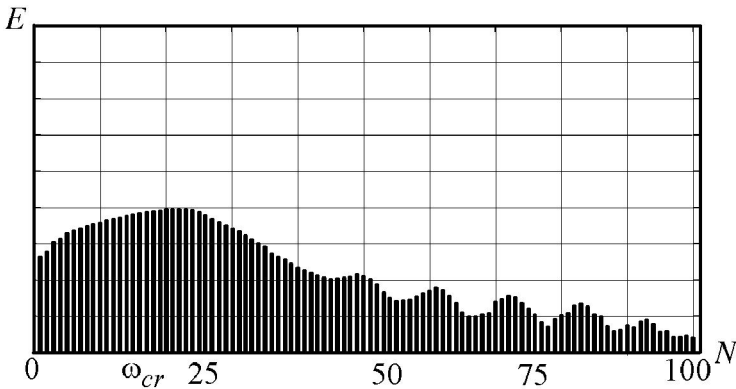


Рисунок 2. Спектр гармоник нарастающей волны ВПЗ в случае параметрического резонанса продольных волн.

Таким образом, в работе построена мультигармоническая кубически нелинейная теория двухпотоковой неустойчивости с учетом параметрического взаимодействия продольных волн. Предложено использовать параметрический резонанс продольных волн для формирования волн с заданным мультигармоническим спектром.

## ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛІВ ТА СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ ДЛЯ ПОБУДОВИ ФРАКТАЛЬНОГО ДЕРЕВА

Ігнатенко В.М., *доцент*; Захарова В.М., *ст. преподаватель*;  
Захарченко В.П., *студент*; Шамрай Д.В., *студент*

Природним об'єктам притаманні нерегулярність і безлад, тому їх важко описати за допомогою звичайних геометричних понять. У такому випадку використовують фрактальні уявлення. Фракталами називають самоподібні геометричні об'єкти ламаної форми. Фрактальні структури є основою моделювання численних об'єктів і процесів у природі, суспільстві та техніці: річок і гірських ландшафтів, живих організмів і сигналів складної форми, електричних розрядів і коливань курсу на біржі.

Інтенсивний розвиток теорії фракталів спричинений їх поширеним застосуванням для розв'язання складних фізичних задач, таких як моделювання нелінійних процесів (турбулентна течія рідини), складних процесів дифузії – адсорбції, плазми, утворення хмарин. Концепція фракталів використовується для аналізу термодинамічних систем, а також у фізиці твердого тіла для моделювання переходу Андерсена, квазікристалічних структур і т. ін.

В даній роботі наведено огляд відомостей про фрактали, їх наукові та інші застосування, способи комп'ютерної побудови.

Представлено програму побудови фрактального дерева, створену в середовищі Delphi. Фрактальним є дерево, похідне від орієнтованого кореневого дерева (остова). Тоді для фрактального дерева є правильним таке: 1) кожний листок остова є коренем для такого самого остова; 2) рекурсивно кожний лист дерева знову є коренем остова. Користувач задає кількість ітерацій, кути ребер та масштаб. Програма рисує відповідне до заданих параметрів фрактальне дерево. Кожна ітерація виконується різним кольором.

Варіаціями програми можна отримати навантажене фрактальне дерево, яке є простою моделлю при дослідженні руйнування структури під дією зовнішнього навантаження.

Поняття «фрактального дерева» можна використовувати в біології для побудови нашої нервової системи. У фізиці оберненим фрактальним деревом описуються такі мікрочастинки як протон і нейтрон.

## СПОСОБЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Поляков А.Ю., *студент*; Люты́й Т.В. *доцент*

Современный уровень развития техники обуславливает совершенствование устройств хранения и записи информации. Одним из основных направлений исследований в данной области есть увеличение быстродействия и уменьшение энергопотребления готового устройства.

Одним из эффектов, на основе которых могут быть созданы новые устройства записи и хранения, есть перемагничивание одноосной ферромагнитной наночастицы циркулярно-поляризованным полем. Суть этого эффекта в следующем. Если поместить частицу во внешнее циркулярно-поляризованное, перпендикулярное к легкой оси поле с амплитудой больше некоторого критического значения  $h_{cr}$ , прецессия магнитного момента становится нестабильной. При этом возможно два сценария дальнейшей динамики намагниченности. Первый – частица перемагничивается, т.е. проекция магнитного момента на лёгкую ось практически скачкообразно изменяет свой знак. Второй – её магнитный момент перейдёт в режим неоднородной прецессии, т.е. значение угла конуса прецессии будет периодически меняться [1].

В реальных устройствах запись будет осуществляться с помощью импульсного действия внешнего поля. По этому в рамках данного исследования основное внимание уделялось именно этому типу воздействия с целью выявления оптимальных характеристик поля для быстрого и малоэнергосзатратного перемагничивания.

Было показано, что переходные процессы, возникающие при включении вращающегося поля, позволяют уменьшить его амплитуду относительно случая постепенного увеличения поля. Были определены требования к длительности импульса для обеспечения надёжного перемагничивания. Было показано, что амплитуда поля, вращающегося в направлении природной прецессии, и время перемагничивания, меньше по сравнению со случаем статического поля, приложенного перпендикулярно к легкой оси частицы.

1. Люты́й Т.В., Поляков А.Ю. Металлофиз. и новейш. тех. **28**, 429 (2008).

## ТРАНСПОРТ В СЛУЧАЙНОМ РЭТЧЕТ-ПОТЕНЦИАЛЕ

Рот-Серов А.В., студент; Лютый Т.В., доцент

Феномен транспорта или переноса вещества под воздействием внешней вынуждающей силы является базовым для физической кинетики. Среди многообразия транспортных явлений особое место занимает транспорт в так называемых рэтчет-системах, или системах, которые характеризуются наличием внешней переменной во времени силы  $\mathbf{F}(t)$ , и переменного пространственного потенциала  $U(\mathbf{r})$ , обуславливающего силу  $\mathbf{G}(\mathbf{r}) = -\nabla U(\mathbf{r})$ . Здесь  $\nabla$  означает оператор набла. Указанный интерес обусловлен на первый взгляд удивительным фактом, что даже если средние значения указанных сил оказываются равными нулю ( $\langle \mathbf{F}(t) \rangle = 0$ ;  $\langle \mathbf{G}(\mathbf{r}) \rangle = 0$ ), система все равно может обнаруживать направленное движение частиц. Такое явление получило название рэтчет-эффект.

В последнее время рэтчет-эффект является объектом интенсивных исследований. Не в последнюю очередь это связано с концепцией так называемого Броуновского мотора и потенциальными его приложениями в технологии наномашин. Однако для подавляющего большинства исследований модельное представление системы ограничивалось периодическим регулярным видом потенциала  $U(\mathbf{r})$ . Очевидно, что учет возможной пространственной неоднородности существенно расширит область применения разработанных теоретических методик для описания реальных систем.

В настоящей работе в рамках одномерного сильно затухающего приближения численно были изучены зависимости параметров транспорта от параметров внешних воздействий. Были исследованы средняя скорость частицы, и величина максимального ее смещения из положения равновесия, основываясь на следующем математическом представлении модели [1]:

$$\dot{X}_t = g(X_t) + f(t),$$

где  $X_t$  – зависящая от времени координата частицы,  $g(X_t)$  – дихотомическая случайная сила, принимающая значения  $g_+$ ;  $-g_-$  ( $g_+ > g_-$ ), моделирующая неоднородности среды;  $f(t)$  – внешняя периодическая сила периодом  $2T$ .

1. Denisov S.I. et. al., arXiv:0902.4626v1 [cond-mat.dis-nn] (2009).

## ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНТРОПИИ СИСТЕМЫ МНОГИХ ЧАСТИЦ

Поляков П.Ю. *студент*, Крец А.К. *студент*,  
Боровик В.А. *доцент*, Панченко Л.Н. *доцент*

Численное моделирование составляет неотъемлемую часть современной фундаментальной и прикладной науки, причем, по важности оно приближается к традиционным экспериментальным и теоретическим методам. Определение энтропии по формуле Больцмана  $S = k \ln \Omega$ , где  $k$  – постоянная Больцмана,  $\Omega$  – статистический вес макросостояния, требует перебора всех возможных микросостояний, что в общем случае является неразрешимой задачей.

В работе применяется известное определение энтропии, пригодное для непосредственного измерения в численном эксперименте. Использован тот факт, что всякая система в процессе своей эволюции во времени, в конце концов, обязательно повторит любое микросостояние (или близкое микросостояние). Чем больше проходит времени до совпадения двух некоррелированных микросостояний, тем меньше имеется микросостояний, следовательно, меньше энтропия системы. Величина, которую мы можем непосредственно измерить – это частота совпадений  $R_n$ , определяемая как отношение числа совпавших пар микросостояний к полному числу сравнений двух микросостояний. Энтропия определяется через  $R_n$  в виде  $S = k(\ln 1/R_n)$ . Это соотношение служит методической основой метода совпадений [1]. Измерение  $R_n$  проводится на протяжении относительно долгого времени.

Написан ряд программ, позволивших проследить эволюцию системы к состоянию равновесия, оценить время установления равновесного состояния  $\tau$ , определить зависимость  $\tau$  от числа частиц системы, рассчитать равновесную энтропию, вычислить дисперсию, позволившую оценить величину флуктуаций в состоянии равновесия, рассмотреть влияние управляющего параметра на величину энтропии.

Проведенный численный эксперимент позволил оценить состояние упорядочения (или, наоборот, хаоса) в системе, состоящей из  $N$  тождественных частиц.

1. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике, Ч.2 – М.: Мир, 1990.

**СЕКЦІЯ 5**

**«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА  
ФІЗИКА»**

## ЕНЕРГЕТИЧНА СТРУКТУРА СОЛІ ДІАЗОНІЮ

Криштоп І., студент; Лопаткін Ю.М., професор

Розрахована енергетична структура солі діазонію (тетрафлуороборати пара-діетиламінофенілдіазонію (*ДЕАФД*) та параметоксифенілдіазонію (*МФД*)) і полімерних матриць (полівініловий спирт (ПВС), полівінілпіролідон (ПВП), полівінілетилаль (ПВЕ) і полівінілацетат (ПВА)), яка пояснює відмінність в процесах генерації носіїв струму за участю *ДЕАФД* і *МФД*.

З кінетики фотоструму в різних полімерних матрицях, що містять солі діазонію (СД) із концентрацією  $10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, випливає, що величина фотоструму в полімерних матрицях ПВА, ПВЕ та ПВП з СД менша, ніж величина фотоструму в тих же матрицях без СД. Причиною цього можуть бути дефекти чи неконтрольовані домішки, які й забезпечують відповідну електропровідність. При додаванні ж малих концентрацій СД іде усунення дефектів, і як наслідок, зменшення фотоструму. Показано, що концентрація носіїв струму, що генеруються, для шарів з *МФД* більша, ніж для шарів з *ДЕАФД* у всіх полімерних матрицях, за винятком ПВА. Така картина з'ясовна, якщо порівняти енергетичну будову СД і полімерних матриць, що використовувались в експерименті (табл. 1).

Зі спектрів ЕПР при низьких температурах (77 К) [1] і з результатів фотохімічних досліджень при кімнатній температурі [2, 3] відомо, що квантовий вихід фотопереносу електрона на *МФД* більший, ніж на *ДЕАФД*, тобто його енергетичні рівні лежать нижче, ніж у *ДЕАФД*. Отже, електрону набагато легше від матриці перейти на *МФД*, ніж на *ДЕАФД*. Цей висновок підтверджують і результати квантово-хімічних розрахунків, наведені в табл. 1.

Наявність фотопереносу електрона в системі СД-Матриця згідно з реакцією  $\text{СД} + \text{М} \xrightarrow{h\nu} \text{СД}^- + \text{М}^+$  можна визначити, оцінивши тепловий ефект реакції  $Q = I_M - E_A^{CD} - h\nu - E_C$ . Якщо ця величина менша нуля, то реакція перенесення електрона протікає екзотермічно. В іншому випадку вона ендотермічна. Оскільки в полімерній матриці сіль діазонію не дисоційована на іони, енергія спорідненості СД до електрона зменшена більш ніж на 3 еВ. Підставляючи дані табл.1 в

формулу для обчислення величини  $Q$ , знаходимо, що  $ДЕАФД \cdot BF_4^-$  в нижньому збудженому стані може перехопити електрон лише від ПВП ( $Q = -0,1$  еВ). Для інших матриць ця величина перевищує 1 еВ. Отже, перенесення електрона можливе лише при збудженні на вищі енергетичні стани або від домішок в полімерній матриці. У випадку ж  $МФД \cdot BF_4^-$  перенесення електрона можливе з усіх матриць на СД. При цьому величина  $Q$  складає  $-1,05$  еВ в ПВП і не перевищує  $0,3$  еВ в інших матрицях (теплова енергія і електричне поле спроможні подолати такі бар'єри).

Отже, найбільший енергетичний бар'єр існує між нижнім вільним енергетичним станом збудженого катіона  $ДЕАФД$  та верхнім зайнятим станом матриць ПВС і ПВА. Величина фотоструму в цих випадках повинна бути найменшою, що й спостерігається на досліді. Проте інтегральне поглинання  $МФД$  менше, ніж  $ДЕАФД$ . Це спричинює той факт, що в ПВА з  $МФД$  величина фотоструму майже у два рази менша, ніж з  $ДЕАФД$ .

Таблиця 1 – Потенціали іонізації (В) та енергії спорідненості ( $E_A$ , еВ) полімерів і СД до електрона (в дужках наведена величина  $E_A$  в збудженому стані).

Сполука	Потенціал іонізації	Енергія спорідненості
$ДЕАФД$	12,04	6,26 (9,52)
$ДЕАФД \cdot BF_4^-$	9,38	3,09 (6,35)
$МФД$	12,97	6,65 (10,61)
$МФД \cdot BF_4^-$	10,30	3,33 (7,29)
ПВС	10,67	-2,59
ПВП	9,45	-0,87
ПВЕ	10,61	-2,33
ПВА	10,80	-0,36

1. Кондратенко П.А., Приймачек В.Р., Шульга С.З., Гордина Т.А., Мхитаров Р.А., Фундам. основы оптич. памяти и среды **11**, 72 (1980).
2. Becker H.G.O., Hoffman G., Israel G., J. Prakt. Chem. **319**, 1021 (1977).
3. Жарков И.П., Кондратенко П.А., Теор. и эксп. химия **15**, 723 (1979).



## СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ДИАЗОСЛОЁВ К ИОНИЗИРУЮЩЕМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Золотухина Н.И., *студентка*; Лопаткин Ю.М., *профессор*

Исследования в области полиазотистых соединений (азотистых гетероциклов, азо-, диазо-, и азидосоединений) как мощных взрывчатых веществ, компонентов ракетных и специальных топлив, объёмно-детонирующих систем, унитарных топлив имеют непре-ходящее значение. Существующие диазосоединения чувствительны лишь в узкой области спектра. Поэтому сенсibilизация диазо-материалов к различным участкам спектра, в том числе к рентге-новскому и  $\gamma$ -излучению, представляет важную практическую задачу.

В данной работе изучены фотохимические превращения диазосоединений под действием коротковолнового излучения. Показаны пути повышения квантового выхода их диссоциации.

Рассматривается возможность сенсibilизации диазослоёв с помощью люминофоров. Изучение фотохимических превращений исследуемых соединений проводили по скорости исчезновения исходных молекул, а также по скорости накопления в системе новых. Чувствительность диазотипных плёнок к различным областям спектра излучения оценивалась по спектру поглощения диазония в области наибольшего поглощения ( $\lambda = 390\text{нм}$ ).

При использовании люминесцирующих экранов в качестве подложки диазопленки было обнаружена существенная скорость распада молекул диазония.

С одной стороны, восстановление катиона диазония при захвате электрона, рождённого под действием жёсткого излучения, приводит к резкому увеличению энергии сродства и рождению радикала. С другой стороны, фотоны, рождающиеся в люминесцирующем веществе, захватываются диазослоем в области его поглощения. Всё это повышает эффективность использования фотонов, что сродни увеличению квантового выхода.

Таким образом, получены положительные результаты по увеличению квантового выхода фотодиссоциации молекул диазония с помощью люминесцирующей подложки. Кроме того, найдена возможность уменьшения времени задержки фотодиссоциации молекул диазония посредством предварительного облучения в УФ-области.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЁВ НА ОСНОВЕ $A_2V_7$ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мужецкий А.И., *студент*; Шовкопляс О.А., *ст. преподаватель*;  
Лопаткин Ю.М., *профессор*

Одна из важнейших задач современной науки и техники – регистрация и формирование видеоизображения объектов с помощью различного вида излучений – от видимого света до частиц высоких энергий.

В работе представлен обзор результатов исследований по получению поликристаллических слоёв  $A_2V_7$ , способных заменить монокристаллические детекторы для регистрации ионизирующего излучения. Представлено развитие новой детекторной технологии для цифрового рентгеновского отображения, основанного на поликристаллических плёнках  $A_2V_7$ . Сигналы от поликристаллических  $A_2V_7$  детекторов в ответ на ионизирующее излучение сравниваются с лучшими результатами для других поликристаллических плёнок. Исследуются микрокристаллы  $A_2V_7$ , образующихся в объёме и на поверхности различных нанокристаллических матриц; морфология и оптические спектры микрокристаллов в пористых матрицах; влияние эпитаксиального роста на свойства подложек, на основании чего возможно создать детекторы гамма-лучей с омической вольт-амперной характеристикой и хорошим спектральным ответом.

На основании обзора можно сделать вывод, что необходимо продолжение исследовательских работ по анализу эффективности предложенных технических решений и поиску технологии формирования высококачественных аморфных или микрокристаллических полупроводниковых слоёв, требуемых для преобразователей ионизирующего излучения.

Следует констатировать, что хотя в исследовании более дешёвых плёночных материалов с целью замены ими широко используемых для детектирования ионизирующего излучения монокристаллических прототипов, достигнут определённый прогресс, исследованы они недостаточно. Кроме того, до сих пор мало исследованной остаётся область их твёрдых растворов.

В данной работе представлены результаты получения твёрдых растворов солей  $A_2V_7$  и исследования их регистрирующих свойств.

## STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CdSe FILMS DEPOSITED BY A CSVS METHOD

Ivashchenko M.M. *Ph.D. student*, <sup>1</sup>Shevchenko O.A. *schoolboy*,  
Opanasyuk A.S., *associate professor*  
<sup>1</sup>Sumy secondary school №7

Cadmium selenide is one of the key materials for applications in short-wavelength optoelectronics devices, especially for blue laser diodes, light-emitting diodes and photodetectors [1]. It has a suitable band gap and optical properties as promising material for optoelectronic applications

One of the most widely-used methods for obtaining of CdSe thin films is a close-spaced vacuum sublimation method (CSVs). Due to technological features this method allows to produce semiconductor layers with controlling physical properties.

CdSe thin films were obtained by CSVs method in vacuum equipment VUP-5M. Well-cleaned glass plates were used as substrates. Substrate temperature was varied in the range of:  $T_s = 383 \div 894$  K. Evaporation temperature was  $T_e = 1023$  K. Film-condensation time was  $t = 10$  minutes.

Structural analysis of layers was examined by SEM-microscopy (REMMA-102) and X-ray diffraction technique, with a DRON 4-07 diffractometer in Ni-filtered  $K_\alpha$ -emission Cu-anode. Phase analysis was performed by comparison of calculated lattice parameters and ASTM-standards. CdSe lattice parameters were obtained using Bredly-Jay and Nelson-Riley extrapolation methods.

It was clarified, that obtained films are polycrystalline, homogeneous and have good adhesion to a substrate. It was determined, that at low temperatures films have an uniaxial structure with [002] growth texture. We have shown that the obtained films had hexagonal structure with an axial crystallines.

At the substrate temperature  $T_s > 600$  K layers with columnar structure were observed.

1. Bhargava R. Properties of wide band gap II-VI semiconductors. – London, United Kingdom: INSPEC, The Institution of Electrical Engineers, 1997. – 238p.

## СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ ZnTe У ГЕТЕРОПЕРЕХОДІ ZnTe/CdTe

*Опанасюк А.С.*, доцент; *Колесник М.М.*, інж. I кат.;  
*Ткач П.Ю.*, студент

Широке використання CdTe у якості матеріала для сонячних елементів зумовлено його високою фоточутливістю та найкращим для перетворення сонячної енергії значенням ширини забороненої зони. Плівки ZnTe знайшли застосування в якості тильних контактів для плівок CdTe у сонячних перетворювачах на основі гетеропереходів CdTe/CdS [1]. Однак невідповідність кристалічних ґраток цих компонентів приведе до формування у перехідному шарі поверхневих станів густиною  $N_s \sim 10^{13} \div 10^{14} \text{ см}^{-2}$ , що суттєво впливає на його фізичні властивості. В зв'язку з цим в роботі проведено дослідження впливу підшара CdTe на структурні особливості плівок ZnTe, а також структурні та електрофізичні властивості гетеро-переходів CdTe/ZnTe отриманих методом квазізамкненого об'єму.

Конденсація плівок телуриду кадмію здійснювалася на очищенні скляні підкладки методом квазізамкненого об'єму при температурі  $T_s$ , що складала 893 К. Після цього тим же методом наносилися шари ZnTe, так щоб конденсація одночасно відбувалася як на скляну підкладку так і на підшар з телуриду кадмію. Температура нанесення становила  $T_s = 973 \text{ К}$ .

Морфологія поверхні плівок ZnTe вивчалася методом растрової мікроскопії (РЕММА-102). Структурні дослідження конденсатів були виконані на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07, при цьому за уширенням дифракційних ліній визначені розмір областей когерентного розсіювання (ОКР) та рівень мікродеформацій у шарах. Електро-фізичні властивості гетеропереходів ZnTe/CdTe отримані з аналізу вольтамперних характеристик знятих при різних температурах.

Проведені дослідження дозволили визначити структурні параметри плівок, такі як текстура, період кристалічної ґратки, розміри кристалітів та областей когерентного розсіювання, рівень мікродеформацій, а також їх залежність від умов отримання плівок.

1. Feng L., Mao D., et al, J. Electron. Mater. **25**, 1442 (1996).

## SUBLIMATION AND MICROSTRUCTURAL INVESTIGATIONS OF ZnS/CdTe HETEROJUNCTION

Kurbatov D.I., *Ph.D. student*; <sup>1</sup>Skorba D.V., *schoolboy*;  
Opanasyuk A.S., *associate professor*;  
<sup>1</sup>Sumy secondary school №7

Zinc sulphide (ZnS) and cadmium telluride (CdTe) belongs to II-VI compounds and have direct band gaps of 3,7 eV and 1,5 eV, respectively. Recently high interest has been given to heterojunctions because of low cost and wide applications such as transistors, semiconductor lasers, high-power frozen-wave generators and solar cells (SC) [1]. The increase of the effectivity of SCs with CdTe absorbing layer may be achieved by change of the material of optical window [2]. Thin ZnS layers ( $E_g = 3,68$  eV) can be considered as an alternative to CdS ( $E_g = 2,42$  eV) films.

The films of chalcogenides and heterojunctions ZnS/CdTe based on these compounds are obtained by the close-spaced vacuum sublimation technique on glass substrates. ZnS and CdTe thin films were deposited stoichiometric powders under following conditions: evaporation temperature  $T_e = 1273$  K, substrate temperature  $T_s = 523 \div 773$  K. and  $T_e = 893$  K, substrate temperature  $T_s = 823$  K, respectively. The structures have been specially designed in order to obtain possibility to study properties of ZnS and CdTe films on the glass substrates as well as sublayers of another semiconductor.

Surface morphology of the films and heterojunctions has been investigated by scanning electron microscopy (Fig.1).

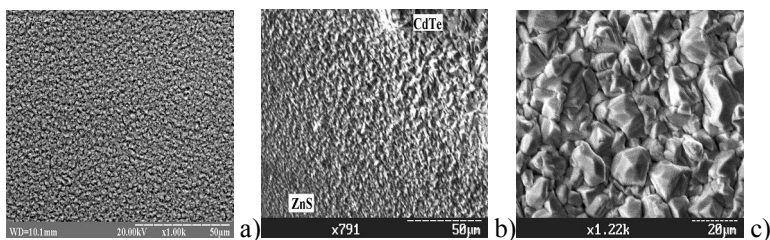


Fig. 1. SEM images of ZnS (a), ZnS/CdTe heterojunction (b) and CdTe film (c).

Investigations of the surface morphology and the structure of condensates carried out for CdTe and ZnS films showed that the films are polycrystalline with good area homogeneity and adhesion to the substrate.

1. Wu X. et al. // Proc.17th EPSEC. – Munich (Germany), V.II, 995 (2001).
2. Contreras-Puente G., et al., Thin Solid Films **361-362**, 378 (2000).

## ОСОБЛИВІСТЬ ПОШИРЕННЯ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ У ПРУЖНИХ СТЕРЖНЯХ

<sup>1</sup>Брацихін В.М., *с.н.с.*; Брацихіна Л.І., *доцент*;  
<sup>1</sup>Інститут прикладної фізики НАН України

При осьовому ударі вздовж пружного стержня поширюється область деформації, отже поширюються звукові хвилі. Цей процес може супроводжуватися деякими ефектами. Наприклад, це дало змогу [1] запропонувати два типи ударних трансформаторів кінетичної енергії. Такі трансформатори дають можливість перетворити звичайні пружні хвилі в ударні хвилі. Дослідження звукових хвиль безпосередньо у стержневих системах застосовуються для визначення залишкових пружних напружень у залізобетонних конструкціях і, тим самим, для оцінки їх надійності та залишку ресурсу [2]. В реальних конструкціях є вільним тільки один торець арматурних стержнів. Тому для визначення швидкості звуку потрібно реалізувати схему поширення хвиль «від нас – відбивання від схованого торця – до нас». Є багато моделей опису хвильових явищ у стержнях [3]. Ми пропонуємо застосувати для визначення швидкості звуку зіткнення двох однакових стержнів. Це дає можливість реалізувати модель зіткнення стержня з абсолютно жорсткою стінкою. Час зіткнення визначається часом розрядки конденсатора.

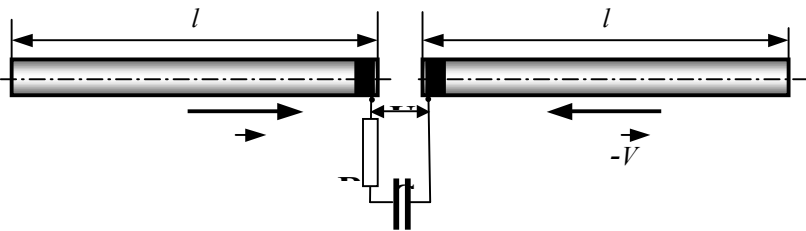


Рисунок 1. Схема експерименту.

Стержні можна відрізати від арматури, що дає можливість без складного устаткування у польових умовах проводити дослідження пружних хвиль у стержневих системах.

1. Брацихін В.М., Фоменко Л.І. // Науч.-техн. конференция преп., сотр. и студ. мех.-мат. фак. СумГУ. – Сумы, 122 (2001).
2. Бондаренко В.М., Суворкин Д.Г. Железобетонные и каменные конструкции. – М.: Высшая школа, 1987. – 384с.
3. Алимo О.Д. Распространение волн деформаций в ударных системах. – Фрунзе: Илим, 1978. – 196с.

## ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЄДНОЇ МАСИ

Брацихін В.М., *с.н.с.*; Лопаткін Р.Ю., *зав. НДЦ ННП*;  
Інститут прикладної фізики НАН України

При русі будь-якого тіла у рідині на нього діє сила опору, яку визначають дві характеристики рідини – динамічний  $\eta$  та кінематичний  $\nu = \eta/\rho$  коефіцієнти в'язкості ( $\rho$  – густина рідини). Крім того, рух тіла у рідині супроводжується переміщенням рідини в об'єм, який займало тіло у попередній момент часу. Тому потрібно враховувати і переміщення рідини, що, звичайно, збільшує інерційність механічної системи тіло-рідина. Для чисельної характеристики такої системи вводиться поняття «приєднаної маси»  $\mu$ . Теоретичне визначення приєднаної маси навіть для тіл найпростішої форми досить складне. Наприклад, для кулі об'ємом  $V$   $\mu = \rho V/2$  [1]. Тому експериментальне визначення приєднаної маси має особливе значення. У доповіді пропонується визначати  $\mu$  за допомогою дослідження пружних коливань (див. рис.1).

Не проводячи перетворення, надаємо усі розв'язки загального диференціального рівняння

$$m_0 \ddot{x} = -kx - r \dot{x} \Rightarrow \ddot{x} + x\omega^2 + 2\beta \dot{x} = 0.$$

Перше дослідження – тіло у повітрі, без вантажу  $\Delta m$ :

$$\beta_0 = 0, \quad \omega_0 = \sqrt{k/m_0} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{m_0/k}.$$

Друге дослідження – тіло у рідині, без вантажу  $\Delta m$ :

$$\beta'_0 = r/2m'_0, \quad m'_0 = m_0 + \mu,$$

$$\omega'_0 = \sqrt{k/m'_0},$$

$$T'_0 = 2\pi / \sqrt{k/(m_0 + \mu) - r^2/4(m_0 + \mu)^2}.$$

Третє дослідження – тіло у рідині, з вантажем  $\Delta m$ :

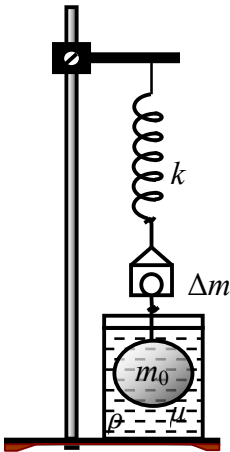


Рисунок 1. Схема досліджень.

$$\beta'_1 = r/2m'_1, \quad m'_1 = m_0 + \Delta m + \mu, \quad \omega'_1 = \sqrt{k/m'_1},$$

$$T'_1 = 2\pi / \sqrt{k/(m_0 + \Delta m + \mu) - r^2/4(m_0 + \Delta m + \mu)^2}.$$

У цих виразах:  $m_0$  – маса тіла;  $r$  – коефіцієнт опору рідини;  $k$  – коефіцієнт жорсткості пружини;  $\omega_0$  – циклічна частота коливань тіла у повітрі без  $\Delta m$ ;  $T_0$  – період вільних коливань тіла у повітрі без  $\Delta m$ ;  $\beta'_0 = r/2m'_0$  – коефіцієнт затухання коливань тіла у рідині без  $\Delta m$ ;  $T'_0$  – період затухаючих коливань тіла у рідині без  $\Delta m$ ;  $m'_0 = m_0 + \mu$ ;  $\mu$  – приєднана маса;  $\beta'_1 = r/2m'_1$  – коефіцієнт затухання коливань тіла у рідині з  $\Delta m$ ;  $T'_1$  – період затухаючих коливань тіла у рідині з  $\Delta m$ ;  $m'_1 = m_0 + \Delta m + \mu$ .

Підставимо у  $T'_0$  вираз  $k = 4\pi^2 m_0 / T_0^2$  з  $T_0$  і вираз

$$r^2/4 = 4\pi^2(m_0 + \Delta m + \mu)^2 / \left[ m_0 / T_0^2 (m_0 + \Delta m + \mu) - 1 / (T'_1)^2 \right]$$

з  $T'_1$ . Отримаємо

$$\mu = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad \text{де } A = \frac{1}{(T'_0)^2} - \frac{1}{(T'_1)^2},$$

$$B = -2 \left[ \frac{m_0}{(T'_0)^2} - \frac{m_0 + \Delta m}{(T'_1)^2} \right], \quad C = \frac{m_0^2}{(T'_0)^2} + \frac{m_0 \Delta m}{T_0^2} - \frac{(m_0 + \Delta m)^2}{(T'_1)^2}.$$

Знак  $\pm$  береться із міркувань  $\mu > 0$ .

Слід звернути увагу на те, що майже в усіх задачниках і підручниках у прикладах коливання тіла, зануреного у рідину, не враховується приєднана маса, що є фізичною некоректністю. Наприклад, при коливанні горизонтального кругового циліндричного тіла об'ємом  $V$ , повністю зануреного у рідину, потрібно ввести велику поправку на масу  $m \rightarrow m + \mu$ ,  $\mu = \rho V$ . У випадку частково зануреного тіла (випадок поплавка) коливання зовсім не є гармонічними.

1. Риман И.С., Крепс Р.Л. Присоединенная масса тел различной формы. – М.: Гостехиздат, 1947. – 384с.



## РОЗВ'ЯЗАННЯ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ЕЛІПСОМЕТРІЇ ДЛЯ МОДЕЛІ ІДЕАЛЬНОЇ ІЗОТРОПНОЇ ПОВЕРХНІ

Ігнатенко В.М., доцент; Гордієнко І.О., студент

Основою методу еліпсометрії є аналіз стану поляризації світла, відбитого від дослідного зразка. Еліпсометричні параметри  $\Psi$  і  $\Delta$ , які визначаються під час експерименту, пов'язані з комплексними коефіцієнтами відбивання поверхні  $R_p$  та  $R_s$  основним рівнянням еліпсометрії:

$$\operatorname{tg} \Psi \exp(i\Delta) = R_p/R_s.$$

Індекси “ $p$ ” і “ $s$ ” відповідають поляризації світла у площині падіння та перпендикулярно до неї.

Визначення еліпсометричних кутів  $\Delta$  і  $\Psi$  для конкретного виду відбивальної системи за відомими її параметрами є змістом прямої задачі еліпсометрії.

Обернена задача еліпсометрії – це визначення усіх або кількох параметрів системи за вимірними значеннями  $\Delta$  і  $\Psi$ .

В роботі було створено програму (в середовищі Delphi на мові Turbo Pascal) розрахунку оптичних характеристик поверхні поділу двох середовищ на основі розв'язання оберненої задачі еліпсометрії. Уведення вихідних даних та результати розрахунку виводяться на екран.

Розрахунки виконувались за вимірними експериментально еліпсометричними параметрами  $\Delta$  і  $\Psi$  для зразків кремній – повітря та вода – повітря. За результатами розрахунку комплексний показник заломлення кремнію дорівнює  $N_E = 3,862 - i0,021$ . Його значення дещо відрізняється від теоретичних ( $N_T = 3,865 - i0,023$ ), що пояснюється наявністю на поверхні кремнію окисної плівки.

Еліпсометричні вимірювання було виконано на довжині хвилі 632,8 нм за допомогою лазерного компенсаційного нуля-еліпсометра ЛЕФ-3М при фіксованому куті падіння  $\varphi = 70^\circ$ .

Проведений аналіз наукової літератури та здійснена постановка нового завдання по створенню програми розрахунку системи середовище 1 – ізотропна плівка – середовище 2.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ АБСОРБЦИОННОГО АНАЛИЗА

Хижняк Т.О., студент, Кшнякина С.И., доцент, <sup>1</sup>Сахно В.П.

<sup>1</sup>Сумской центр «Облгосплородорие»

В последнее время очень актуальным является исследование экологических проблем с целью их дальнейшего разрешения. Этому вопросу посвящается достаточно много работ, проводимых в различных странах.

Предоставляемая работа является продолжением работы, проводимой нами по исследованию качества воздуха в нашем регионе. Для решения этой проблемы наиболее информативным и доступным методом является метод атомно-абсорбционного анализа.

В связи с тем, что тяжелые металлы являются угрожающими здоровью человека, то естественно, наличию их в воздухе уделяется основное внимание. С этой целью исследуется содержание тяжелых металлов в растительных пробах. В странах Европейского союза в качестве растительных проб берутся мхи определенного сорта, так как они обладают способностью в наибольшей степени абсорбировать в себе тяжелые металлы. Но в нашей полосе, особенно в черте города, мхи прорастают очень редко, поэтому мы в качестве растительных проб брали листья тополей, которые также являются хорошими абсорбентами городской пыли, в частности, тяжелых металлов.

Если в предыдущей работе нас интересовало присутствие тяжелых металлов в воздухе в различных точках города, то целью данной работы является исследование содержания кадмия, свинца, цинка, меди вдоль основных дорог города на различном удалении от трассы: 50, 100, 150 м. Отбор проб осуществлялся вдоль Харьковской (серия 1), Курской (серия 3), Тополянской (серия 4), Привокзальной (р-н КРЗ, серия 5), Роменской (серия 6). Результаты исследования приведены в таблице 1.

Результаты исследования показывают, что во всех образцах содержание цинка превышает содержание всех других детектируемых металлов. Наиболее высокое его содержание зафиксировано в образцах серии 3, что наиболее вероятно, связано с литейным производством. С тем же фактором мы связываем и резко неоднородное распределение этого элемента на различных удалениях

от трассы. Наименьше содержание цинка зафиксировано в образцах серии 4 и 5.

Как и ожидалось, содержание всех рассматриваемых элементов наибольшее в образцах серии 1 и 3, что позволяет сделать вывод о том, что воздух вдоль этих трасс наиболее загрязнен.

Повышенное содержание меди и кадмия по сравнению с образцами других серий содержится в образцах серии 6 и незначительно изменяется по мере удаления от дорог. Неожиданным оказался тот факт, что содержание тяжелых металлов во всех образцах исследуемых серий (2, 3, 4, 5, 6) практически не изменяется по мере удаления от трассы. Еще более удивительным является то, что в образцах серии 1, содержание всех без исключения, рассматриваемых тяжелых элементов увеличивается с увеличением расстояния от трассы. Вероятней всего это связано с близостью химического производства. Тем не менее, этот факт требует детального и тщательного рассмотрения.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в воздухе.

	Точка	Cd	Pb	Zn	Cu
серия 1	1,1	1,96	9,3	124,8	6,73
	1,2	1,84	10,7	139	9,36
	1,3	2,56	13,5	143,3	9,82
серия 3	3,1	1,73	8,1	123,3	8,64
	3,2	2,31	8,7	178,1	7,95
	3,3	1,96	9,4	115,6	7,52
серия 4	4,1	1,35	6,7	76,9	7,69
	4,3	1,94	8,5	141,7	6,58
серия 5	5,1	1,56	8,3	79,8	5,31
	5,2	1,42	6,2	113,2	6,47
	5,3	1,79	7,8	118,1	7,04
серия 6	6,1	2,07	8,1	96	10,65
	6,2	1,83	10,6	118,3	9,83
	6,3	1,98	13,9	115,1	8,44

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ І СТРУКТУРИ СИСТЕМ НА ОСНОВІ $\text{TiO}_2$ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ

Карабаза А.А., *студент*; Кшнякіна С.І., *доцент*; <sup>1</sup>Кшнякін В.С.,  
*доцент*

<sup>1</sup>Сумський педагогічний університет ім. А.С. Макаренка

Одним із інтенсивних методів дослідження будови кристалів є рентгеноструктурний аналіз. Він базується на дослідженні закономірностей розсіювання когерентних рентгенівських хвиль електронами атомів конденсованих систем. У даній роботі рентгенівським методом вивчали разовий склад і структуру системи складеної з нанокристалічних компонентів на основі  $\text{TiO}_2$  і кобальту в кількості 10 і 10% маси.

Структура і фізико-хімічні властивості змішаних нанокристалічних оксидних матеріалів у більшості залежить від їх складу і методу синтезу. Змішані окиси, основані на діоксиді титану з домішками перехідних металів, мають високу фотокаталітичну активність в реакціях розпаду органічних сполук, а також розглядаються як неактивні матеріали для сонячних лунок в приладах перетворення світла. Змішані окиси були синтезовані хімічно, введенням кобальту на поверхню полідисперсних часток  $\text{TiO}_2$  і наступними отжигами при температурах 350, 600 і 900°C.

Дані рентгеноструктурного аналізу показують, що після отжигу при температурах 350 і 600°C кристалічна структура зразків в тетрагональна з параметрами  $a = 3,785 \text{ \AA}$  і  $c = 9,514 \text{ \AA}$ , що відповідає решітці  $\text{TiO}_2$  – анатаз. Рентгенографічно, присутність кобальту в вільному стані може бути пов'язана з маскуванням ліній кобальту із-за значного розширення ліній анатазу.

Наведений аналіз величини блоків когерентного розсіювання по розширенню рентгенівських ліній анатазу показує, що структура зразків після отжигу при температурі 350°C дрібна з розміром блоків порядку 80-90 нм. Отжиг при температурі 600°C призводить до збільшення розмірів блоків до 120 нм. Зразки, опалені при температурі 900°C представлені трьома фазами – анатаз (77-78%), тетрагональний рутил  $\text{TiO}_2$  (18-20%), ( $a = 4,593 \text{ \AA}$ ,  $c = 2,959 \text{ \AA}$ ) та сполуки  $\text{CoTiO}_3$  при вихідному вмісті кобальту 20% складає 6%. Відпалення при температурі 900°C призводить також до суттєвого збільшення розмірів блоків мозаїки анатазу до  $d = 300 \text{ нм}$ .

## АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫХОДА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Захарова В.Н., *ст. преподаватель*; Дегтярь В.В., *студент*

В ближайшем будущем традиционные источники энергии (уголь, нефть, газ) будут исчерпаны. В этой связи ядерная энергетика вследствие ее огромных энергетических ресурсов приобретает особую значимость. Поэтому работы, связанные с разработкой новых технологий в ядерной энергетике, с повышением эффективности существующих, являются актуальными.

В представленной работе проведено компьютерное моделирование ряда ядерных реакций, которые имеют место в реакторах атомных электростанций. При этом основное внимание обращалось на расчет энергии, которая выделяется в таких реакциях.

Для расчета энергетического выхода ядерных реакций была создана программа с помощью интегрированной инструментальной среды Delphi, в которой использовалась база данных нуклидов.

Вначале выбираем элементы, которые принимают участие в ядерной реакции, потом вводим произвольные массы веществ и даем команду «произвести расчет».

Расчет производится в несколько этапов:

- 1) определение дефекта массы  $\Delta m = (m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)$ ;
- 2) определение энергии, которая выделяется при распаде пары ядер  $E_0 = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}$ ;
- 3) определение количества пар ядер в 1 г смеси  $N = m / (m_1 + m_2)$ ;
- 4) определение энергии, выделяющейся при ядерной реакции  $E = E_0 \cdot N$ .

Программа позволяет произвести расчет энергии из предлагаемых типов ядерных реакций. При этом учитывается возможность того, что количество веществ, которые участвуют в реакции, может быть произвольным. Также для иллюстрации процесса прохождения ядерных реакций создана анимация.

Предлагается дальнейшая модернизация программы с целью моделирования ядерных процессов с учётом законов сохранения.

## **СЕКЦІЯ 6**

# **«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»**

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ СТЕНДЫ

Маслов В.А., *аспирант*; Лебединский И.Л., *доцент*

Развитие информационных технологий привело к появлению понятия "виртуальные лабораторные стенды". Целью создания „виртуальных лабораторных стендов” является реализация в них как существующих лабораторных работ, так и работ, реализация которых затруднена по материальным причинам: неизбежны материальные затраты на покупку, поддержание в рабочем состоянии и своевременное обновление существующего лабораторного оборудования, включая измерительные приборы, и энергетические затраты при эксплуатации лабораторного оборудования.

Применение виртуальных лабораторных стендов расширяет возможности работы с реальным оборудованием. Используя виртуальные лабораторные стенды, появляется возможность проведения экспериментов, которые невозможны на реальном оборудовании. Поэтому их применение расширяет возможности изучения нестандартных режимов работы реального оборудования.

Современные компьютерные технологии имитационного моделирования позволяют создавать виртуальные интерфейсы реального лабораторного оборудования, воспроизводящие и внешний вид, и его параметры с очень высокой точностью. Применение виртуальных лабораторных стендов – дополнение к реальному практикуму, поэтому они должны быть ориентированы на проведение исследований повышенного уровня сложности или исследований, требующих имитировать отклонения от нормальных режимов работы оборудования.

В работе проведено исследование реального оборудования в виртуальной плоскости, изучены физические величины, проведены их изменения, приобретены навыки работы с измерительными приборами, аппаратурой управления. Перечислены недостатки существующих сред виртуального моделирования. Сформулированы требования к виртуальным стендам: моделирование с интерфейсами, показывающими реальное оборудование; создание компьютерных тренажеров с использованием мультимедиа-технологий; создание виртуальных экспериментов с последующей оценкой адекватности.

## СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ С ВАКУУМНЫМИ ТРУБКАМИ

Политучий С.А., *студент*; Лебедка С.Н., *ассистент*

Солнце – экологически чистый и практически неисчерпаемый источник энергии. Это позволяет сделать вывод, что использование солнечной энергии целесообразно для многих целей. В работе исследовано использование энергии Солнца следующих случаях:

- обеспечение горячей водой жилых домов, общественных зданий и промышленных предприятий;
- отопление помещений, подогрев бассейнов;
- охлаждение и кондиционирование воздуха;
- очистка воды, приготовление пищи.

Анализ показал, что для горячего водоснабжения, отопления домов, подогрева бассейнов и кондиционирования эффективно применять солнечные тепловые установки на основе вакуумных коллекторов.

В работе рассмотрены следующие режимы работы вакуумных коллекторов и проанализирована их эффективность:

- только нагрев воды от солнца: солнечный коллектор становится основным источником нагрева воды, а бак-теплоаккумулятор компенсирует погодные изменения и ночное время. Стандартная солнечная система компенсирует до 80% годовых энергозатрат, а при сезонном использовании летом – 100%;

- нагрев воды и поддержка отопления: бак-теплоаккумулятор становится центральным источником энергии, компенсирует погодные изменения, ночное время.

Это позволяет сократить время использования котла в межсезонье до 50%, а зимой до 25% при 100% обеспечении горячей водой и подогревом бассейна от солнца;

- автономное солнечное отопление и горячее водоснабжение: бак-теплоаккумулятор особой конструкции, солнечные коллекторы обеспечивают нагрев бака до температуры 85 °С к началу отопительного сезона. Автономность и использование солнечной энергии для отопления – 100%;

- кондиционирование: вакуумные коллекторы используются как источник энергии в кондиционерах абсорбирующего типа за счет малых тепловых потерь и высокой температуры теплоносителя.



## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ В УКРАЇНІ

Постол М.О., *студент*; Лебединський І.Л., *доцент*

Потреба в енергії постійно зростає, тому рано чи пізно традиційні джерела енергії (нафта, газ, кам'яне вугілля) будуть вичерпані. Використання та впровадження альтернативних джерел енергії є однією з найактуальніших тем сьогоденної енергетики. Одним з таких джерел енергії є енергія вітру.

На сьогодні у Західній Європі відбувається значний розвиток вітроенергетики. У Данії виробіток електроенергії на вітроенергетичних станціях (далі ВЕС) досягає 12% від загального вироблення, в Голландії, північній частині Німеччини 10%. Собівартість енергії, що виробляється на вітроенергетичних установках ( далі ВЕУ), впритул наблизилася до собівартості на традиційних електростанціях. У розробку ВЕУ включаються високотехнологічні транснаціональні корпорації - Дженерал Електрик, Боїнг, Вестінгауз. За останні 15 років в світі побудовано понад 100 тис. вітроустановок. Сумарна ВЕС світу в 2001 році склала 24,8 ГВт (2% від світового виробітку), з них 70% припадає на Європу. Нажаль в Україні виробіток електроенергії на ВЕС близько 0,5% від загального вироблення.

Виконано аналіз та порівняння техніко-економічних показників застосування ВЕУ в кожному з районів України (у відповідності з атласом вітрів України), на прикладі малопотужних вітрогенераторів вітчизняного виробництва марки Euro Wind потужністю 1 та 2 кВт. Проведений розрахунок щорічного підвищення ціни на електричну енергію в Україні за останні 10 років (у відповідності з НКРЕ), з метою подальшого розрахунку строку окупності одиничних ВЕС у складі енергосистеми.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок що значною мірою на ефективність використання ВЕС впливає середньорічна швидкість вітру. В регіонах України із середньою швидкістю вітру 4,25-4,5 м/с строк окупності вітроустановок наблизений до строку експлуатації (20-25 років, вказаний заводом-виробником). Тому, для вітроенергетики райони із середньою швидкістю вітру менше 5 м/с є малопридатними для розміщення вітрогенеруючих установок.

## ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Шаповал В.А., студентка; Лебедка С.Н., ассистент

Геотермальная энергия (природное тепло Земли), аккумулированная в первых десяти километрах Земной коры, по оценкам достигает 137 трлн. т.у.т., что в 10 раз превышает геологические ресурсы всех видов топлива вместе взятых.

Анализ показывает, что из всех видов геотермальной энергии наилучшие экономические показатели имеют гидрогеотермальные ресурсы – термальные воды, пароводяные смеси и природный пар.

Проведенные в работе исследования позволяют сделать вывод, что перспективными в этом отношении стоит считать районы, в которых возрастание температуры с глубиной происходит достаточно интенсивно, коллекторные способности горных пород позволяют получать из трещин значительные количества нагретой воды или пара, а состав минеральной части термальных вод не создает дополнительных трудностей по борьбе с солеоткладыванием и корродированием устройства.

Согласно термодинамическим расчетам, при давлении на входе 690 кПа, использовании конденсатора с водяным охлаждением и градирни на ГеоТЭС мощностью 100 МВт будет отводиться 3630 МВт тепла (атомная электростанция такой же мощности выбрасывает в атмосферу ~2000 МВт тепла).

При использовании градирен с водяным охлаждением температура воздуха будет подвержена меньшему воздействию, но большие количества испаряющейся воды будут влиять на влажность. При типичных рабочих характеристиках градирен на ГеоТЭС мощностью 1000 МВт будет испаряться до 60 млн. м<sup>3</sup> воды в год. Следовательно, вода, испаряющаяся на ГеоТЭС, составит небольшую долю (20%) общего количества испаряющейся воды.

Энергоблок будет обслуживается 10 скважинами диаметром около 240 мм, приводящими в движение 3-5 генераторов переменного тока с двумя турбинами каждый. Пиковая мощность блока – 220 МВт, и при коэффициенте использования 80 % годовое производство электроэнергии составит 1,53 млрд. кВт·ч. Каждый энергоблок сооружается независимо от других, так что они не имеют общих систем обслуживания, трансформаторных подстанций.

## РАСЧЕТ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Острога Р.О., *студент*; Московченко И.А., *студент*;  
Сенченко В.Н., *ст. преподаватель*

В отличие от других источников тока характеристики солнечного элемента зависят от количества падающего на его поверхность света. Следовательно, желание обеспечить максимальную отдачу от фотоэлектрических преобразователей приводит к необходимости сортировки элементов по выходному току. Кремниевые солнечные элементы являются нелинейными устройствами и их описывают семейством вольтамперных характеристик.

В работе показано, что пиковая мощность соответствует напряжению около 0,47 В. Таким образом, чтобы правильно оценить качество солнечного элемента необходимо нагрузить его так, чтобы выходное напряжение равнялось 0,47 В. КПД обычного солнечного элемента в настоящее время колеблется в пределах 10-16 %. Это значит, что элемент размером 100x100 мм при стандартных условиях может генерировать 1-1,6 Вт.

Разработана автономная система, состоящая из набора солнечных модулей, аккумуляторной батареи (АКБ), контроллера разряда-заряда аккумулятора, соединительных кабелей. Значение рабочего напряжения для модуля, состоящего из 36 элементов, таким образом, будет около 16-17 В при 25°C.

Исследования показали, что напряжение холостого хода модуля мало зависит от освещенности, в то время как ток короткого замыкания, а соответственно и рабочий ток, прямо пропорциональны освещенности.

В работе произведен расчет фотоэлектрической системы: определены номинальные мощности модулей, их количество, схемы соединения; выбраны типы, условия эксплуатации и емкости АКБ; рассчитаны мощности инвертора и контроллера заряда-разряда.

Например, для средней широты для июля значение солнечной радиации составляет 167 кВт·ч/м<sup>2</sup> при ориентации площадки на юг под углом 40° к горизонту. Это значит, что среднестатистически Солнце светит в июле 167 часов с интенсивностью 1000 Вт/м<sup>2</sup>, хотя максимальная освещенность в полдень на площадке не превышает 700-750 Вт/м<sup>2</sup>.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Косяк В.В., *асистент*

Очевидні переваги використання сонячної енергії обумовили бурхливий розвиток геліоенергетики, при цьому найбільш перспективним виглядає перетворення сонячного світла в електричний струм з допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) створених на основі тонких напівпровідникових плівок [1].

Незважаючи на те що сучасні дослідження дозволили виготовити тонкоплівкові ФЕП з коефіцієнтом корисної дії (ККД) на рівні 20% [2], подальше підвищення ефективності роботи ФЕП ускладнене великою кількістю невирішених задач пов'язаних з оптимізацією процесу генерації та передачі фотоструму. З цією метою для розрахунку основних параметрів ФЕП (ККД, максимальна потужність) та аналізу експериментальних вольт-амперних характеристик застосовують еквівалентні електричні схеми. У цьому випадку ФЕП який, як правило, являє собою багат шарову систему напівпровідникових тонких плівок та прошарків металевих контактів представляється у вигляді еквівалентної електричної схеми. Такий підхід дозволяє розглядати *p-n* перехід, утворений при контакті напівпровідникових плівок різних типів провідності, як діод підключений у електричне коло джерела постійного струму. Електричні опори, які послідовно або паралельно підключаються у еквівалентну схему символізують омичні втрати, які обов'язково присутні у тонкоплівкових ФЕП під час протікання фотоелектричного струму [1].

У даній роботі проведений аналіз методик побудови еквівалентних схем ФЕП з послідовним опором та розгалуженими омичними втратами. В подальшому ці методики можуть бути використані для розрахунку параметрів ФЕП виготовлених на основі гетеропереходів CdTe/ZnS, CdTe/ZnTe, CdTe/CdS.

1. В.М. Андреев. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. – Ленинград: Наука, 1989.
2. A. Jäger-Waldau, Solar Energy 77, 667, (2004).

## РАСЧЕТ ПРОБИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ШАРОВОГО РАЗРЯДНИКА

Афанасьев В.В., студент; Неелов Р.А., студент;  
Петровский М.В., ст. преподаватель

Измерительный шаровой разрядник представляет собой два металлических шара с хорошо обработанными поверхностями и с возможностью изменения расстояния между шарами. Он считается очень надежным прибором для измерения высокого постоянного напряжения, а также для измерения амплитуды переменного и импульсного напряжений.

Зависимость электрической прочности газового промежутка с однородным и слабонеоднородным полем от расстояния между электродами, давления и температуры газа определяется законом Пашена.

Однако, использование закона Пашена не позволяет теоретически учесть влияние геометрических размеров шарового разрядника на величину пробивного напряжения.

Целью данной работы является разработка алгоритма и реализация вычислительной программы, позволяющая для заданных геометрических параметров и относительной плотности газа определять пробивное напряжение шарового разрядника.

В работе разработан алгоритм вычисления градуировочной характеристики – зависимости пробивного напряжения шарового разрядника от расстояния между его электродами  $U_{np} = f(S)$ . При этом, учитываются реальные геометрические параметры системы – электроды в виде двух металлических сфер радиусом  $R$ , находящихся на расстоянии  $S$ , и физические характеристики газовой среды, как диэлектрика – воздух с температурой  $T$  и давлением  $p$ .

Основу алгоритма составляет расчет электростатического поля методом эквивалентных зарядов, основанный на применении системы уравнений Максвелла. Решение задачи находится численным методом путем последовательных приближений для конкретных значений  $S_i$  распределения напряженности электрического поля  $E_x$  и эффективного коэффициента ионизации  $\alpha_x$  вдоль оси симметрии системы и выполнения условия самостоятельности разряда в промежутке.

Алгоритм реализован по схеме с быстрой сходимостью и универсальностью расчета относительно значения начального приближения пробивного напряжения шарового разрядника.

В среде программирования Maple реализована компьютерная вычислительная программа «Шаровый разрядник». С помощью программы вычисляется функция  $U_{np} = f(S)$  с записью в файл ее координат, что позволяет в дальнейшем с использованием графических редакторов: Excel, Origin и др., вывести их в виде графика для удобного использования при измерении постоянных и максимальной амплитуды переменных и импульсных высоких напряжений. Результат работы программы представлен на рис. 1.

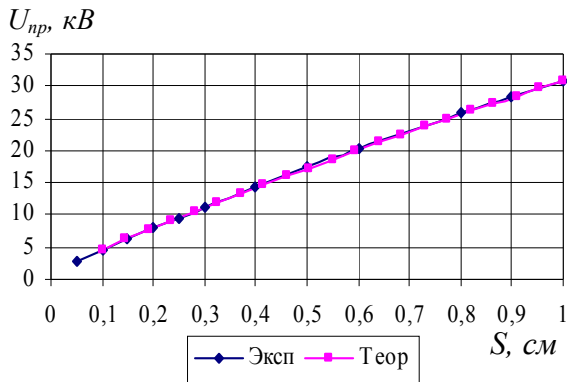


Рисунок 1– Зависимость пробивного напряжения от расстояния между электродами

В качестве исходных данных для расчета взяты параметры шарового разрядника при проведении эксперимента:  $R = 1$  см;  $0,1 \leq S \leq 1,0$ ;  $p = 760$  мм.рт.ст.;  $T = 293^\circ\text{К}$ . Кроме того, возможен вывод в файл значений напряженности электрического поля в расчетных точках по расстоянию между электродами, что может быть полезным при оптимизации электродных систем сферической формы.

Путем сравнения теоретических расчетов с экспериментальными данными, установлено, что разработанная программа обеспечивает погрешность расчета пробивного напряжения шарового разрядника не выше чем 2 %.

## МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 6 кВ ПРИ ЗАМИКАННЯХ НА ЗЕМЛЮ

Лебедка С.М., *асистент*; Шолудько Є.В., *студент*

Найбільш частим видом внутрішніх перенапруг у мережах 6-35 кВ є перенапруги, пов'язані з однофазними замиканнями на землю (ОЗЗ). Їхня частка від усіх видів аварій становить до 80 %.

За останні 15 років середній питомий показник пошкоджуваності електроустановок мереж з електричних причин зріс приблизно на порядок і по даним досвіду експлуатації, з обліком пробитого при випробуваннях, становить більше 100 ушкоджень на кожні 100 км мережі в рік. У переважній більшості випадків (до 90 % загального числа порушень нормальної роботи мережі) ушкодження починається із пробою ізоляції на землю, а потім більше половини з них (до 70 %) розвиваються в міжфазні короткі замикання або багатомісні пробої ізоляції із груповим виходом з ладу електроустановок.

Таким чином, незважаючи на значні запаси ізоляції, аварійність мереж напругою 6-35 кВ через внутрішні перенапруги досить висока. Тому розробка ефективних засобів дослідження перенапруг у цих мережах і засобів їхнього зниження є актуальними.

В Україні мережі 6-35 кВ працюють або з ізолюваною нейтраллю, або з компенсацією ємнісного струму замикання на землю. Зараз у вітчизняній і закордонній літературі обговорюються наступні можливі режими нейтралі: ізолювана, компенсована, включення резистора в нейтраль.

Оскільки струми однофазних замикань на землю в розподільчих електричних мережах залежать від сумарної довжини ліній і від способу заземлення нейтралі, то для оцінки ступеню впливу цих факторів в роботі в якості розрахункових розглянуті три схеми кабельних мереж 6 кВ.

Для кожної зі схем виконані розрахунки режимів при замиканні фази на землю. У розрахунках змінювалися: режим нейтралі (ізолювана, заземлена), спосіб заземлення (реактор, резистор), величини опорів реактора й резистора (від 0 до 1000 Ом) для дослідження впливу цих факторів на опори нульової послідовності, струми замикання на землю, напругу зсуву нейтралі.

Зіставлення результатів, що відносяться до різних схем і режимів заземлення нейтралі, приводить до наступних висновків:

- зменшення величини струму замикання на землю (компенсація) відбувається при зміні як індуктивного, так і активного опору в нейтралі спеціального трансформатора;

- напруга зсуву нейтралі залежить практично тільки від модуля повного опору  $Z_N$  в нейтралі, сумарна довжина мережі на нього впливає незначно;

- залежність струму ОЗЗ від опору (реактора, резистора) нелінійна, крута при індуктивних струмах і полого – при ємнісних струмах;

- при заземленні нейтралі через реактор залежність струму ОЗЗ від опору в нейтралі  $X_N$  біля точки  $I_N = 0$  (режиму з компенсацією струму ОЗЗ) для 1-й і 2-й схем (з найбільш характерною довжиною 20-40 км) дуже полого (малим змінам струму повинен відповідати значний діапазон зміни  $X_N$ ), що знижує ефективність застосовуваних зараз дискретно регульованих і підвищує вимоги до плавно регульованих ДГР;

- сталі струми ОЗЗ у мережах із глухим і низькоомним заземленням нейтралі залежать від віддаленості місця замикання від джерела, у мережах з високоомним заземленням і ізолюваною нейтраллю – від довжини мережі, причому при наявності реактора в нейтралі вони менше;

- у досліджених схемах спостерігається резонанс опору мережі й опору, включеного в нейтраль.

Таким чином, проблема вибору режиму нейтралі мереж напругою 6-35 кВ не може бути вирішена однозначно на користь якого-небудь одного способу. З одного боку, залежно від конструктивного виконання, довжини, умов безпеки, припустимих перенапруг і інших факторів до мереж пред'являються різні вимоги. З іншого боку, ефективна робота мережі не може бути забезпечена без вирішення комплексу питань, що поряд з вибором режиму нейтралі включає вибір засобів регулювання (включаючи настроювання й автоматичне регулювання ДГР) і захисту (високочутливих засобів виявлення й селективного відключення ОЗЗ).

Тому критерій для вибору способу рішення завдання не може бути знайдений без комплексного підходу до вирішення проблеми компенсації струмів і обмеження перенапруг при ОЗЗ.



## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСФОРМАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ ФАЗНИХ КООРДИНАТ

Лебедка С.М., *асистент*; Ярошенко Д.В., *студент*

Математичні моделі електричної мережі на основі рівнянь у фазних координатах більш гнучкі й універсальні, ніж у традиційно застосовуваному для розрахунків методі симетричних складових. Вони застосовні для аналізу несиметричних режимів роботи мереж як із простою, так і зі складною несиметрією, як у стаціонарних, так і в перехідних режимах. Сучасний рівень розвитку комп'ютерів і їхнього програмного забезпечення дозволяє формувати математичні моделі електричної мережі в несиметричних режимах, розглядаючи всі її елементи як трифазні.

Для моделювання електричних мереж рівняннями у фазних координатах отримані рівняння трифазних елементів мережі в диференціальній і дискретній формі, а також параметри трифазних багатополюсників у фазних координатах з точністю, що відповідає вимогам до моделі й точності методу інтегрування.

Для застосування методу Гіра виконано наступне:

– складені рівняння перехідних процесів для трифазних багатополюсників у диференціальній формі для всіх елементів мереж 6-35 кВ;

– одержані рівняння трифазних багатополюсників у дискретній формі на основі формул другого порядку неявного методу Гіра.

В роботі отримано дискретні математичні моделі трифазних елементів електричної мережі (зокрема, силових двообмоткових трансформаторів) з використанням формули Гіра. Отримана з використанням формули Гіра дискретна математична модель силових трифазних двообмоткових трансформаторів дозволяє визначати значення струмів в обмотках трансформатора на черговому кроці чисельного інтегрування за значеннями струмів і напруг, знайденим на попередніх кроках.

Розроблені моделі елементів мережі є основою математичної моделі електричних мереж 6-35 кВ для розрахунку перехідних процесів і дослідження ефективності засобів обмеження перенапруг у мережах з ізолюваною, резонансно- і резистивно-заземленою нейтраллю.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Михалко В.Г., *студент*; Ноздренков В.С., *ст. преподаватель*;  
Мошенский И.В., *инженер*

Тема прогнозирования электрических нагрузок промышленных предприятий является актуальной по следующим причинам:

- ограничения на потребляемую мощность со стороны энергопоставляющей организации в часы максимума энергосистемы;
- планирования экономии энергоресурсов для технологических циклов производства.

В энергопотреблении промышленных предприятий выполняются прогнозы динамики электрических полчасовых нагрузок, при этом в прогнозировании статистических величин необходимо выполнить следующие условия:

- иметь необходимый для анализа и прогноза объем данных;
- обосновать возможность переноса закономерностей прошлого на будущий период;
- получить математическую модель и на ее основе сделать прогноз и выполнить анализ полученных результатов.

Из известных, практически применяемых методов прогнозирования для данной задачи можно применить следующие: метод Брауна, прогнозирование с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС).

На основании выполненного анализа материала установлено, что наилучшими результатами прогнозирования обладает ИНС. Это связано с рядом причин:

1. С помощью нейронной сети можно аппроксимировать практически любую функцию, в том числе и нелинейную.
2. Благодаря подбору архитектуры сети, можно получить хорошие показатели по быстродействию и размерности. При прогнозировании полчасовых нагрузок выбирается сеть типа многослойный перцептрон (MLP), обладающая малой размерностью и большой скоростью реагирования на входное воздействие.

Сеть имеет входной, один скрытый и выходной слой. Подбирая их количество (6-4-1) и (13-7-1) можно получить прогноз соответственно на один и два интервала упреждения. Обучив ИНС из ретроспективной выборки, используем ее для краткосрочного прогноза.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АСИМПТОТИЧНОГО МЕТОДУ КРИЛОВА-БОГОЛЮБОВА-МИТРОПОЛЬСЬКОГО ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ СИЛЬНО ДИСИПАТИВНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Ткач П.Ю., *студент*; Назаров М.С., *студент*;  
Пузько І.Д., *доцент*

Метод Крилова-Боголюбова-Митропольського (КБМ) знайшов застосування для дослідження слабо затухаючих або повільно зростаючих по амплітудним значенням нелінійних коливальних перехідних процесів і взагалі коливань нелінійних систем, наближених до суто гармонійних коливальних систем, але із повільно змінювальними амплітудою і частотою відносно деякого постійного значення.

При дослідженні і розрахунках деяких класів автоматичних систем мають місце швидко затухаючі коливальні процеси, що наближаються не до лінійних гармонійних, а до лінійних затухаючих або зростаючих по амплітудним значенням але із повільно змінювальним коефіцієнтом затухання (коефіцієнтом дисипації) і частотою відносно деяких постійних значень на кінцевому проміжку часу.

Рішення диференціального рівняння нелінійної системи в такій постановці приводить до узагальнення асимптотичного метода КБМ на сильно дисипативні коливальні системи.

Нами проведено математичне обґрунтування і отримані рівняння першого наближення для амплітуди і фази, але з урахуванням доданку, що залежить від коефіцієнта дисипації.

Проведено комп'ютерне моделювання рішення дисипативного диференціального рівняння типу рівняння Дюфінга при різних (малих і великих) значеннях коефіцієнта демпфування.

На підставі рівнянь першого наблімження для амплітуди і фази отримані аналітичні співвідношення для визначення резонансних частот лінійної консервативної і дисипативної породжувальних коливальних систем.

Алгоритм (сценарій) визначення параметрів побудованих на необхідності урахування випадкових похибок при вимірюванні часових інтервалів.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Диденко Т.А., студентка; Романовский В.И., доцент

В Украине доминируют энергетические системы, основанные на использовании генерирующих источников средней и большой мощности (свыше 100 МВт) и развитого сетевого хозяйства. Низкая эффективность существующей энергосистемы подтверждается тем, что стоимость топлива, необходимого для генерации 1 кВт·ч, составляет около 0,10 гривны. При цене реализации в 0,465 гривны сервис по производству и транспортировке отнимает у потребителя около 80%, а топливная составляющая около 20%. Мировой опыт показывает, что в сбалансированных экономиках доля топливной составляющей не должна быть менее чем 60%, а в идеале - не менее 80% от величины тарифа.

Малая энергетика (альтернативная энергетика) – это на сегодняшний день наиболее экономичное решение энергетических проблем в условиях все возрастающей потребности в энергоресурсах. Автономность малой энергетике позволяет решить задачу электро- и теплоснабжения удаленных и энергодефицитных районов, которым трудно найти средства на строительство крупных станций, прокладки теплоцентралей, сооружений ЛЭП. Еще одна важная функция малой энергетике – создание резервных источников питания (электроснабжения), что делает возможным обезопасить потребителя от перебоев в основной сети. Под малой энергетикой понимаются объекты генерации мощностью до 15-20 МВт.

К объектам малой энергетике относятся малые электростанции. В ряде случаев малые электростанции (прежде всего газодизельные и газопоршневые), работающие в режиме мини-ТЭЦ и вырабатывающие как электрическую, так и тепловую энергию (режим когенерации), по своим технико-экономическим показателям могут конкурировать с системами централизованного энергоснабжения.

Коэффициент полезного действия таких станций существенно выше, чем у крупных ТЭЦ: энергия вырабатывается непосредственно в районе потребления, соответственно потери энергии при

транспортировке существенно снижаются. В результате стоимость энергии становится ниже, чем в централизованных системах.

Для обоснования эффективности применения автономных газотурбинных и газопоршневых электростанций исследовались их технико-экономические показатели.

Разработана математическая модель энерго- и теплоснабжения типового объекта (промышленное предприятие) с применением двух видов источников электрической и тепловой энергии – централизованного электро- и теплоснабжения и автономной газовой электростанции, работающей в режиме когенерации.

Исходными данными для моделирования являются энергетические показатели исследуемого объекта – его потребность в электроэнергии и тепловой энергии в течении года. Кроме этого модель учитывает стоимость энергоресурсов централизованного снабжения, затраты на производство электрической и тепловой энергии в автономной электростанции (с учетом эксплуатационных затрат и амортизации оборудования).

Результатами моделирования являются графики и общие суммарные цифры покупки электрической и тепловой энергии у внешних поставщиков и самостоятельной генерации такой энергии.

Задавая разные варианты используемого оборудования и разные режимы поставки и потребления тепловой и электрической энергии можно определить, насколько оптимальна работа автономной газовой электростанции и насколько эффективно ее применение.

Проведено моделирование работы объекта для разных периодов времени (зимний и летний период, межсезонье). В результате анализа результатов моделирования сделан вывод, что наиболее эффективно применять автономные газотурбинные и газопоршневые электростанции в зимний период, когда потребляется наибольшее количество тепловой и электрической энергии, а в остальное время тепловую и электрическую энергию необходимо потреблять из централизованных источников.

1. Федоров В.А., Смирнов В.М. Теплоэнергетика, №1, 2000.
2. Рамазанов К.Н., Салимова А.К. Проблемы энергетики, №1, 2007.

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИФАЗНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Муріков Д.В., *доцент*; Василега П.О., *доцент*;  
Фомін К.С., *студент*

Лабораторний стенд був створений для надання можливості студентам вивчення конструкції та роботи трифазного синхронного генератора в різних режимах, а також отримання експериментальних даних для побудови основних характеристик.

Синхронні генератори є одними із найбільш поширених на практиці джерел змінного трифазного синусоїдального струму. Надбання студентами практичних навичок підключення трифазного синхронного генератора, приведення його в дію та дослідження роботи в різних режимах з метою отримання даних для побудови основних характеристик є основними задачами проведення лабораторної роботи на даному стенді.

Основою конструкції лабораторного стенда є зварний металевий каркас. Бокові поверхні стенду виготовлені з металевих листів, а вимірювальні прилади та комутаційні апарати розміщуються на передній частині стенду в вигляді окремих панелей із гетинаксу, що можуть зніматися.

В нижній частині стенду встановлені два синхронні генератори та приводні двигуни постійного струму. Загальне живлення стенду здійснюється від мережі трифазного змінного струму напругою 220 В.

Під час виконання лабораторної роботи студенти виконують наступні досліді:

1) Отримання експериментальних даних для побудови характеристики холостого ходу генератора  $E_0 = f(I_3)$  при  $n = n_H = \text{const}$ . При цьому досліді вихідні затискачі обмоток статора залишаються розімкненими (опір навантаження  $R_n = \infty$ ).

При постійному значенні частоти обертання валу синхронного генератора, яке підтримується з допомогою двигуна постійного струму, змінюється струм збудження  $I_3$  в діапазоні від нуля до номінального значення. З допомогою вольтметра вимірюються значення напруги на виході генератора для кожного значення струму збудження. Наявність

напруги на виході генератора при нульовому значення струму збудження пояснюється залишковим намагніченням магнітної системи.

2) Отримання експериментальних даних для побудови зовнішньої характеристики генератора  $U_G = f(I)$  при  $\cos \varphi = 1$ ,  $I_3 = \text{const}$ ,  $n = n_H = \text{const}$ . Функцію навантаження для синхронного генератора виконують реостати. Змінюючи величину опору навантаження встановлюють 6-7 значень сили струму в обмотках статора в діапазоні від нуля до номінального значення. При постійних значеннях струму збудження і частоти обертання вала генератора з допомогою вольтметра вимірюють величину напруги на виході генератора.

3) Отримання експериментальних даних для побудови регульовальної характеристики  $I_3 = f(I)$  при  $\cos \varphi = 1$ ,  $U = \text{const}$ ,  $n = n_H = \text{const}$ . Як і в попередньому, в цьому досліді функцію навантаження для синхронного генератора виконують реостати. Змінюючи величину опору навантаження встановлюють 6-7 значень сили струму в обмотках статора в діапазоні від нуля до номінального значення. При постійному значенні частоти обертання вала генератора зміною струму збудження досягають постійних значень напруги на виході генератора, величину якої вимірюють вольтметром.

4) Отримання експериментальних даних для побудови характеристики короткого замикання  $I_{K3} = f(I_3)$  при  $n = n_H = \text{const}$ . При цьому досліді вихідні затискачі обмоток статора закорочуються, з допомогою двигуна постійного струму підтримується стабільною частота обертання вала генератора, а струм збудження змінюється в діапазоні від нуля до номінального значення. З допомогою амперметра вимірюються відповідні значення сили струму в обмотках статора генератора.

По результатах чотирьох дослідів студенти будують головні характеристики генератора: холостого ходу  $E_0 = f(I_3)$  при  $n = n_H = \text{const}$ , зовнішню  $U_G = f(I)$  при  $\cos \varphi = 1$ ,  $I_3 = \text{const}$ ,  $n = n_H = \text{const}$ ; регульовальну характеристики  $I_3 = f(I)$  при  $\cos \varphi = 1$ ,  $U = \text{const}$ ,  $n = n_H = \text{const}$  та короткого замикання  $I_{K3} = f(I_3)$  при  $n = n_H = \text{const}$ .

Порівняльний аналіз цих характеристик дає можливість студентам робити висновки про роботу трифазного синхронного генератора в різних режимах роботи.

## **СЕКЦІЯ 7**

# **«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»**



## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ПОМЕХ

Бережная О.В., *доцент*; Басова Н.Н., *студент*; Горлач А.А., *студент*

Скорость обмена информацией на сегодняшний день определяет темп роста производительности труда, эффективность производства народного хозяйства. Объем передаваемой информации постоянно растет, и требования к качеству ее передачи также увеличиваются. Задачей передачи информации является повышение скорости передачи данных при ограничении на вероятность необнаруживаемых ошибок в переданных сообщениях.

$$\begin{cases} R_c \rightarrow \max, \\ V \leq V_{\max}, \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $R_c$  – скорость передачи сообщений по прямому тракту системы передачи данных;

$V$  и  $V_{\max}$  – вероятность необнаружения ошибок помехоустойчивого кода и ее максимально допустимое значение.

Поставленная задача достигается путем применения помехоустойчивых кодов, обнаруживающих или исправляющих ошибки.

Основным достоинством кодов обнаруживающих ошибки являются малые аппаратные затраты на построение системы передачи информации, а для кодов исправляющих ошибки – уменьшение времени, необходимого для передачи данных.

Выбор помехоустойчивого кода зависит от типа канала связи (симметричного, асимметричного).

Проводился анализ зависимости вероятности необнаруживаемой ошибки для различных помехоустойчивых кодов от вероятности искажения элементарного разряда. Например, для симметричного канала связи вычисления производились в соответствии с выражениями:

- для циклического кода

$$P_{но} = \left( \sum_{i=\sigma+1}^n C_n^i P_o^i (1 - P_o)^{n-i} \right) / 2^r; \quad (2)$$

- для итеративного кода

$$P_{no} = 1 - (1 - P_э)^n - \sum_{\nu=1}^2 C_n^\sigma P_э^\sigma (1 - P_э)^{n-\sigma}; \quad (3)$$

- для кода с контролем по четности

$$P_{no} \approx C_n^2 P_э^2 (1 - P_э)^{n-2}; \quad (4)$$

- для кода с повторением

$$P_{no} \approx C_k^1 P_э^2 (1 - P_э)^{k-2} + C_k^2 P_э^4 (1 - P_э)^{2k-4}, \quad (5)$$

где  $P_{no}$  – вероятность необнаруживаемой ошибки;

$P_э$  – вероятность искажения элемента кодовой комбинации;

$\sigma$  – кратность ошибки;

$n$  – длина кодовой комбинации;

$k$  – количество информационных разрядов;

$r$  – количество проверочных разрядов.

В ходе исследования было обнаружено, что как для симметричных так и для асимметричных каналов связи по сравнению с итеративным, биномиальным, равновесным кодами, кодом с контролем по четности и кодом с повторениями циклический код характеризуется меньшей вероятностью необнаруживаемой ошибки.

Исключение может представлять случай полной асимметрии, когда имеет место искажение только единичных (или только нулевых) разрядов кодовой комбинации. В таком случае наиболее эффективным является применение равновесного кода.

Использование циклического кода для построения систем передачи данных позволяет улучшить качество передачи информации, снизить аппаратные затраты на построение кодирующего и декодирующего устройства благодаря относительно несложным методикам кодирования и декодирования. Сокращается время доставки исходной информации потребителю вследствие отсутствия необходимости повторной передачи сообщений.

В качестве недостатков применения циклического кода можно отметить большую длину кодовой комбинации по сравнению с другими кодами и сложность алгоритма исправления ошибок для циклических кодовых комбинаций.

## **«МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ» В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Арбузов В.В., *ст. преподаватель*; Еськов И.Е., *студент*;  
Бережной А.И., *студент*.

В настоящее время автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ) являются одним из основных инструментов контроля и учёта распределяемой энергии на современном оптовом рынке электроэнергии. Государственным стандартом Украины [1] устанавливается необходимость повышения точности и надёжности измерения количества электроэнергии, внедрения методик коррекции результатов измерения погрешностей, вносимых трансформаторами тока при их низкой загрузке. На сегодняшний день данная задача не решена должным образом, поэтому разработка автоматизированных методов метрологического контроля и коррекции результатов измерения АСКУЭ является актуальной научно-технической задачей.

Основным источником погрешности измерений в измерительном канале являются амплитудная и угловая погрешности трансформаторов тока, которые существенно возрастают при отрицательном отклонении тока первичной обмотки от номинального, что наблюдается в настоящее время вследствие спада объёмов потребления электроэнергии. Замена трансформаторов тока на новые с меньшим коэффициентом трансформации является дорогостоящим и затруднительным решением. Также состояние нормативно-технических документов в области метрологии накладывает свой отпечаток на эффективность АСКУЭ. На современные цифровые АСКУЭ распространяется действие метрологических документов, которые были разработаны для измерительных систем (ИС) ещё 20-30 лет назад. Старые ИС были основаны на обработке измерительной информации в виде аналоговых унифицированных и дискретных сигналов. В современных АСКУЭ обработка информации ведётся в цифровом виде с использованием рациональных чисел с известной точностью и с применением вычислительных машинных алгоритмов.

Для повышения точности измерений АСКУЭ в работе [2] предлагается развитие концепции «метрологического наблюдателя». В

рамках даного рішення пропонується вести в реальному режимі часу контроль умов вимірювань з допомогою методу допоміжних вимірювань і з використанням уточнених моделей погрешностей вимірювального каналу. Амплітудні  $\delta_{TTm}(I)$ ,  $\delta_{THm}(U)$  і кутові  $\theta_{TTm}(I)$ ,  $\theta_{THm}(U)$  погрешності, вносимі вимірювальними трансформаторами, усуваються з допомогою програмної корекції результатів вимірювання счётчиків електроенергії. Корекція результатів вимірювання здійснюється з допомогою блоку корекції, вичисляючого скорректированное значення потужності для кожної фази  $m$  ( $m = 1, 2, 3$ ):

$$W_{1m} = W_{2m} \cdot K_m \quad (1)$$

де

$$K_m = K_{TT} K_{TH} \frac{\cos(\Theta_{TTm}(I) - \Theta_{THm}(U)) - \sin(\Theta_{TTm}(I) - \Theta_{THm}(U)) \operatorname{tg} \varphi_{2m}}{(1 + \delta_{TTm}(I))(1 + \delta_{THm}(U))} \quad (2)$$

Недостатком такого підходу є те, що він коректує значення вимірювань окремо для кожної фази, але трьохфазні счётчики електроенергії як результат вимірювання дають значення сумарної потужності для трьох фаз. Тому цілком природно запропонувати здійснення корекції результатів вимірювання для трьохфазної системи відповідно до наступним вираженням:

$$W_1 = W_2 \cdot \frac{3K_1K_2K_3}{K_1K_2 + K_1K_3 + K_2K_3} \quad (3)$$

де коефіцієнти  $K_i$  вичисляються за формулою (2).

Проведені дослідження цілком природно і умов використання даного способу підвищення точності вимірювань показали, що корекція може бути реалізована як додаткова функція счётчика, так і в формі програмного модуля на стороні сервера АСКУЕ.

1. ДСТУ 5003.3-1:2008 Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структура, функції та види забезпечення. Основні положення.
2. Арбузов В.В., Бережная О.В. «Метрологический наблюдатель» как инструмент повышения точности и метрологической надёжности АСКУЭ субъектами ОРЭ.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Новгородцев А.И., *доцент*; Любимый А.А., *инженер*;  
Покотило В.Н., *с. н. с.*

Одной из важнейших задач в области управления нестационарными динамическими процессами, требующих эффективного решения, является их параметрическая идентификация.

Нестационарные динамические процессы – это сложные объекты, математическое описание которых должно учитывать взаимосвязь технологических факторов, случайные воздействия, в результате которых параметры могут изменяться стохастически.

Для получения достоверных результатов и их практической ценности, необходим переход к вероятностно-статическим моделям, которые обеспечивают не только установление зависимости между входными и выходными параметрами, но и определение технологических факторов, которые оптимизируют выходные Параметры.

Для повышения точности моделирования предлагается идентифицировать параметры по данным измерений на основе минимизации критерия оценки параметрического состояния.

В работе приводится один из методов решения задачи синтеза информационной системы параметрической и фазовой идентификации на основе решений дифференциальных управлений свободного и вынужденного движений, описывающих поведение динамического процессов.

Этот метод позволяет производить одновременную оценку состояний нестационарных объектов в параметрическом и фазовом пространствах, метод основан на использовании компенсационного метода с самонастраивающейся моделью объекта управления, описывающую свободное и вынужденное движение с параллельным включением.

Изложенный метод идентификации был проверен компьютерным моделированием. Исследования показали высокую сходимость алгоритма. Точность оценки параметров объекта управления составляет 1,5%, а фазовых координат 0,3.

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований позволяют рекомендовать этот метод для решения задач синтеза систем оптимального управления нестационарными динамическими процессами с неполной информацией.

## МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Новгородцев А.И., *доцент*; Ладная Ю.А., *студентка*;  
Вербицкий В.Д., *студент*

В задачах инженерной практики при построении адаптивных систем оптимального управления встречается широкий класс динамических объектов с неполным измерением вектора фазовых координат и неизвестными динамическими характеристиками.

В этих случаях стратегия оптимального управления должна быть такой, чтобы учитывалось и анализировалось состояние объекта управления в параметрическом и фазовом пространстве и на основе анализа вырабатывалось бы такое управление которое позволило бы управляющему устройству переводить нестационарный объект управления из начального состояния  $X(0)$  в желаемое  $X_{жс}$  за конечный интервал времени  $t_k$  и сводился бы к  $\min$  функционал качества  $J(X, U, \eta) \rightarrow \min$ , где  $X$  – вектор состояния объекта управления;  $U$  – вектор управления;  $\eta$  – вектор настраиваемых параметров управляющего устройства подчиненный некоторым ограничениям наложенным на управление.

В настоящей работе решается задача нахождения стратегии оптимального управления методом динамического программирования. Полученная стратегия оптимального управления описывает структуру системы управления и алгоритм функционирования, который зависит от переменных параметров объекта управления и его фазовых координат (состояния).

Переменные параметры объекта управления оцениваются с помощью системы параметрической идентификации, построенной на основе математической модели объекта управления с параллельным включением и решения задачи оптимизации критерия качества методом градиента. Проведенные теоретические исследование и компьютерное моделирование, получаемых алгоритмов управления, этим методом показали высокую эффективность и работоспособность, а также позволяют рекомендовать его инженерно-техническим работникам, занимающимся построением адаптивных систем оптимального управления нестационарными многомерными динамическими процессами.

## МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ФАКТОРИАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Горячев А.Е., аспирант

Преобразование двоичных чисел в факториальные является промежуточным шагом при генерации перестановок на основе факториальных чисел в соответствии с алгоритмом, рассмотренным в [1]. Для решения задачи преобразования двоичных чисел в факториальные используется алгоритм, также разработанный в [1]. Однако данный алгоритм имеет недостаток – сложность его технической реализации. Поэтому актуальной является задача поиска более простого алгоритма получения факториальных чисел.

Предлагаемый метод заключается в организации одновременного счёта в направлении убывания чисел, начиная с исходного, и возрастания чисел, до числа, которое необходимо получить. Наиболее простым и эффективным способом реализации этого алгоритма является использование суммирующего и вычитающего счётчиков. Для построения факториального счётчика могут использоваться все методы, описанные в [2].

При преобразовании двоичного числа в факториальное на вычитающий двоичный счётчик подаётся исходная двоичная комбинация. Особенностью суммирующего счётчика является то, что пересчёт ведётся в факториальной системе счисления. Таким образом, одновременно подавая счётный сигнал на оба счётчика, мы увеличиваем на единицу значение числа в факториальном счётчике и уменьшаем в двоичном. Для полного преобразования числа потребуется количество счётных импульсов, равное величине преобразуемого числа.

Рассмотренный метод может эффективно использоваться в устройствах, требующих повышенную надёжность и не предъявляющих высоких требований к быстродействию.

1. Борисенко А.А., Кулик И.А., Горячев А.Е. Вісник СумДУ, серія «Технічні науки» №1, 183 (2007)
2. Горячев А.Е. Вісник СумДУ, серія «Технічні науки» №4 (2008)

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖАТИЯ МЕТОДОМ НУМЕРАЦИИ СООБЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Коломиец А.В., *студент*; Протасова Т.А., *ст. преподаватель*

Предлагаемый метод сжатия сигналов различной природы (например, строки телевизионного изображения) основан на нумерации двоичных последовательностей, полученных в результате преобразований (разложения, трансформирования, перестановок) исходных сообщений. В полученных двоичных последовательностях подсчитывается количество единиц, тем самым соответствующая кодовая комбинация «приписывается» к своему классу эквивалентности с одинаковыми значениями вероятности появления. Далее равновесные кодовые комбинации подвергаются нумерации. Данный метод предполагает нумерацию на основе использования биномиальных систем счисления с многозначным алфавитом. Нумерация осуществляется в два этапа: сначала организовывается переход к числу в биномиальной системе счисления, а затем производится подсчет количественного эквивалента биномиального числа. Полученный в результате преобразований номер занимает при хранении значительно меньшее количество разрядов, чем исходное сообщение, что экономит используемую память.

Был проведен анализ эффективности сжатия данным методом. Коэффициент сжатия определяется соотношением:

$$K_{сж} = \frac{n}{H(A, B) + k}$$

где  $n$  – длина исходной кодовой последовательности,  
 $k$  – количество единиц в равновесной комбинации,  
 $H(A, B)$  – взаимная энтропия, определяемая из соотношения:

$$H(A, B) = H(A/B) + H(B) = - \sum_{k=0}^n C_n^k p_k \log_2 p_k$$

где  $p_k$  – вероятность появления равновесной комбинации.

Очевидно, что эффективность метода возрастает при увеличении длины исходного сообщения и минимально возможном количестве единиц. Кроме того, данный метод предпочтительнее применять к изображениям, имеющим равномерную структуру.



## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Онанченко Є.Л., *доцент*; Пашко А.М., *студент*

Зараз у користуванні знаходиться значна кількість деревообробних верстатів невеликої потужності, які розраховані на підключення до трифазної системи живлення. Часто підключення до трифазної мережі неможливе або недоцільне, тому підключення верстатів проводять до однофазної мережі за допомогою фазозміщуючих ланок, що призводить до втрати значної частини потужності двигуна. У процесі експлуатації часто виникає потреба змінювати швидкість обертання робочого інструменту, що виконується механічним способом.

Для розв'язання задачі пропонується використовувати разом із деревообробним верстатом перетворювач частоти, що дозволяє отримати трифазну напругу для живлення з однофазної або трифазної мережі. Поява нової дешевої елементної бази (МОН та IGBT транзисторів) робить таке використання економічно доцільним, а використання сучасної мікропроцесорної техніки спрощує реалізацію системи керування перетворювачем частоти.

Перетворювач частоти формує трифазну напругу з частотою, яку задає користувач. Таким чином відбувається встановлення кількості обертів асинхронного трифазного двигуна. Формування напруги близької до синусоїдальної відбувається за допомогою ШІМ. Використання ШІМ також дозволяє виключити із спектрального складу вихідної напруги перетворювача шкідливі для двигуна гармоніки.

Основою перетворювача частоти є автономний інвертор напруги із ланкою постійного струму, який дозволяє отримати частоту вихідної напруги як нижчу за частоту мережі живлення, так і вище за неї. Існує декілька способів керування групами вентилів (скалярний, векторний та його різновиди), тому на стадії проектування необхідно провести аналіз вимог до інвертора та обрати найбільш доцільний із них.

Використання перетворювача частоти для живлення деревообробного верстата дозволяє підвищити ККД системи (в разі однофазного живлення), уникнути механічного перемикання швидкості обертання, тобто покращити експлуатаційні характеристики, підвищити якість обробки деревини за рахунок використання оптимальних режимів різання, ввести (або покращити) захист двигуна від перевантажень та перегрівання.

## ДВОИЧНО-КАНОНИЧЕСКОЕ КОДИРОВАНИЕ

Кулик И.А., доцент; Скордина Е.М., студентка.

Часто в практике нумерационного кодирования возникает необходимость оперировать большими числами, например числами сочетаний  $C_n^k$  при больших значениях  $n$  и  $k$ , где  $n$  – длина кодируемых двоичных последовательностей, а  $k$  – количество содержащихся в них единиц. Но хранение и оперирование огромными числами  $C_n^k$  связано с необходимостью использования большого количества двоичных разрядов, следовательно, необходимо разработать метод представления больших чисел  $C_n^k$  при больших параметрах  $n$  и  $k$ . В связи с этим предлагается к рассмотрению двоично-каноническое кодирование числа, основанное на разложении его на простые числа:

$$z = q_1^{a_1} q_2^{a_2} \dots q_j^{a_j} \dots q_m^{a_m},$$

где  $q_j$  –  $j$ -й элемент ряда простых чисел,  $j = 1, 2, \dots, m$ ;

$a_j$  – показатель степени простого числа  $q_j$ ;

$m$  – количество простых чисел  $q_j$ , необходимых для представления числа  $z$ .

Согласно канонической форме записи произведения и деления чисел для подсчёта  $C_n^k$  могут быть заменены операциями суммирования и вычитания над степенями простых чисел, составляющих их, как показано в выражении:

$$\begin{aligned} C_n^k &= \frac{n!}{k!(n-k)!} = \frac{q_1^{a_1} \cdot q_2^{a_2} \cdot \dots \cdot q_m^{a_m}}{(q_1^{b_1} \cdot q_2^{b_2} \cdot \dots \cdot q_m^{b_m}) \cdot (q_1^{c_1} \cdot q_2^{c_2} \cdot \dots \cdot q_m^{c_m})} = \\ &= q_1^{a_1 - b_1 - c_1} \cdot q_2^{a_2 - b_2 - c_2} \cdot \dots \cdot q_m^{a_m - b_m - c_m}. \end{aligned}$$

С целью разработки метода экономичного представления больших чисел  $C_n^k$  были проведены исследования свойств канонического разложения биномиальных коэффициентов:

1) для представления числа сочетаний в канонической форме  $C_n^k = q_1^{a_1} \times q_2^{a_2} \times \dots \times q_j^{a_j} \times \dots \times q_m^{a_m}$  достаточен набор простых чисел  $q_j$ , значения которых не больше  $n$ , т.е.  $q_j \leq n$ , при  $j = 1, 2, \dots, m$ ;

2) число сочетаний  $C_n^k$  в канонической форме записи содержит весь ряд простых чисел  $q_j$ , для которого выполняются условия:  $q_j \geq n - k + 1$ ,  $k \leq n/2$  и  $q_j \geq k + 1$ ,  $k > n/2$ , для каждого из которых показатель степени будет равен единице  $a_j = 1$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ .

С учетом найденных свойств разложения чисел сочетаний предлагаемый метод представления при больших значениях  $n$  и  $k$  позволяет существенно сократить количество двоичных разрядов, необходимых для хранения биномиальных коэффициентов.

Представляя степени канонической формы записи чисел, используемых для подсчёта  $C_n^k$ , в двоичном виде получаем двоично-канонические коды. При этом кодовые обозначения степеней предлагается записывать в префиксном виде, например с помощью биномиальных чисел, тем самым легко определяется начало и конец степени простого числа.

В заключение можно сказать, что предложенный подход к представлению числа сочетаний на основе канонической формы записи позволяет:

1) существенно уменьшить время, необходимое для вычисления чисел сочетаний;

2) сократить объём памяти для хранения промежуточных и конечных значений;

3) позволяет упростить построение специализированных устройств вычисления числа сочетаний и нумерационного кодирования на основе биномиальных систем счисления.

## ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Поляков А.Ю. *студент*; Лопатченко Б.К., *доцент*;  
Любимый А.А., *инженер*

Существующий уровень развития электронной техники обуславливает постепенное замещение аналоговых систем передачи речевой информации цифровыми [1,2]. В цифровых системах широко применяются алгоритмы сжатия речевой информации. В связи с этим возникает вопрос оценки помехозащищённости таких алгоритмов.

В качестве объекта исследования был выбран вокодер ADPCM, а в качестве предмета исследования – его помехоустойчивость. Для проведения исследований нами было изготовлено устройство, которое реализует алгоритм сжатия ADPCM на микроконтроллере AVR.

Речевая информация в аналоговом виде поступает на 10 битный АЦП, полученный код сжимается и по каналу RS-232 передаётся на COM-порт персонального компьютера.

При помощи разработанного в визуальной среде программирования Borland C++ Builder приложения, полученная по каналу RS-232 цифровая информация искажается, а затем декодируется. Результат декодирования записывается в звуковой файл (формат wav). Полученный файл прослушивается и делается вывод о разборчивости декодированной искажённой информации.

Эксперименты были проведены для различных вероятностей искажения одного бита, на основе которых были сформулированы рекомендации к проектированию устройств на основе вокодера ADPCM.

В частности, была определена область применения кода контроля по чётности в зависимости от вероятности искажения одного бита. Кроме того, была экспериментально показана возможность реализации вокодера ADPCM на микроконтроллере AVR.

1. Беллами Дж. Цифровая телефония. Пер. с англ. – Эко-Трендз, 2004.
2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов – Бином-Пресс, 2006.

## МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОМЫШЛЕННОЙ СВАРКИ

Лопатченко Б.К., *доцент*; Рот-Серов А.В., *студент*

Сегодня на рынке промышленного сварочного оборудования существует множество промышленных устройств и комплексов, которые характеризуются различной стоимостью и параметрами качества, уровня надежности и систем управления. Существуют полностью автоматизированные системы сварки, которые имеют высокую стоимость и не каждое среднее предприятие может себе позволить такие устройства. В связи с этим возникает вопрос о модернизации, как технологического процесса, так и устройств управления и контроля данного оборудования.

В качестве объекта исследования были выбраны аппараты сварки токами высокой частоты для поливинилхлорида польского производства Zemat и его аналог китайского производства Guolin. Первый в свою очередь имеет электронные устройства управления и отображения процесса сварки, второй же только аналоговые и механические, но имеет более низкую стоимость.

В рамках данного исследования был проделан анализ технологического процесса, который показал неэффективность имеющихся в аппарате (сварочном станке китайского производства) средств отображения информации.

Рассмотрена возможность уменьшения количества тестовых свариваний в предварительном этапе сварочного процесса материала ПВХ, что приведет естественно к уменьшению операций производимых оператором станка и уменьшит время технологического процесса. А значит и увеличит пропускную способность станка на предприятии (если это согласуется с требованиями по эксплуатации). Рассмотрено использование средств отображения информации, методика отображения требуемых параметров, расположение устройства.

1. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А. Специальные методы сварки. М.: Машиностроение, 1975. – 231 с.
2. Серeda Г.К., Бочарова С.П., Репкина Г.В., Смирнов Б.А. Инженерная психология. – «Вища школа», 1976. – 308 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЖОРИТАРНОГО ПРИНЦИПА КОДИРОВАНИЯ

Кулик И.А., *доцент*; Кравченко Е.А., *студентка*;  
Семоненко Л.Г., *студент*

В настоящее время все большее распространение при построении систем передачи данных получают комбинированные способы защиты от ошибок в кодовых комбинациях. Например, выбор из различных ошибкообнаруживающих и исправляющих кодов для передачи данных предоставляет возможность достаточно гибко подстраиваться к текущему состоянию нестационарной канала связи и более точно находить для него оптимальное соотношение «верность/скорость» передачи. С этой точки зрения весьма перспективным выглядит сочетание мажоритарного принципа передачи с различными помехоустойчивыми кодами.

Такой подход существенно повышает верность передачи данных, а, учитывая сложность практической реализации мажоритарного принципа, предлагаемый способ представляется достаточно эффективным средством защиты данных от ошибок, вызванных действием помех.

Мажоритарный принцип передачи целесообразно использовать при группировании до пяти и более ошибок в комбинациях, поскольку в этом случае применение помехоустойчивых кодов приводит к достаточно громоздким кодирующим и декодирующим устройствам и длительным процедурам кодирования и декодирования. Но данный способ передачи также обладает недостатками: пропорциональность и скачкообразность изменения избыточности информации от числа повторов сообщения. В целом это выражается в виде неудобного механизма адаптации к уровню помех в канале и достижения требуемой помехоустойчивости передачи.

С учетом недостатков мажоритарного способа представляется актуальным решение следующих задач:

1) уменьшение избыточности мажоритарного кодирования при требуемом уровне помехоустойчивости передачи;

2) разработка механизма плавного изменения помехоустойчивости мажоритарной передачи при фиксированном критерии  $r/m$  обнаружения ошибки, где  $r$  – число совпадений двоичных сообщений (разрядов),  $m$  – число повторов двоичных сообщений (разрядов).

Решение поставленных задач проводится путем исследования мажоритарного способа при поразрядном сравнении в сочетании с ошибкообнаруживающими равновесным кодом и кодом с битом паритета для асимметричного канала без памяти. Критерием оценки правильности принятых бит является критерий  $2/3$ .

В качестве сравнительной оценки в работе используются средние вероятности  $V_{cp}$  необнаруживаемой ошибки помехоустойчивого кода и  $V_{мср}$  мажоритарного способа в сочетании с рассматриваемым кодом, а также их отношение  $A = V_{cp}/V_{мср}$ .

Как показывает анализ, комбинирование мажоритарного принципа и равновесного кода для передачи данных приводит к расширению класса обнаруживаемых ошибок и достаточно существенному снижению вероятности необнаруживаемых ошибок. При этом качество передачи улучшается приблизительно в несколько сотен раз (при длине  $n = 8$  и числе  $k = 4$  единиц равновесной комбинации, вероятности  $0,75 \leq p_{11} \leq 1$  перехода ( $1 \rightarrow 1$ ) в канале –  $A \approx 600$ ).

Комбинирование мажоритарного способа и кода с битом паритета также позволяет расширить класс обнаруживаемых ошибок, которые при раздельном использовании кода с битом паритета и мажоритарного способа являются необнаруживаемыми. Здесь качество передачи улучшается приблизительно в несколько раз (при тех же значениях  $n$ ,  $k$  и  $p_{11}$  –  $A \approx 3,4$ ).

Таким образом, мажоритарное использование помехоустойчивых кодов позволяет:

1) в существенной степени уменьшить вероятность необнаруживаемой ошибки по сравнению и с немажоритарным использованием помехоустойчивых кодов, и мажоритарным способом передачи избыточных двоичных комбинаций;

2) расширить класс обнаруживаемых ошибок.

Очевидно также, что информационные сообщения, построенные по принципу сочетания ошибкообнаруживающих кодов с мажоритарным способом передачи, будут иметь меньшую избыточность, чем при мажоритарном способе передачи обычных двоичных комбинаций. При этом, используя различные помехоустойчивые коды, можно достигнуть нескачкообразного увеличения длины информационных последовательностей.

Предложенные меры по повышению эффективности мажоритарного способа передачи могут найти широкое применение при построении мобильных телекоммуникационных систем с высокой помехозащищенностью, таких, как бортовые системы автоматического управления, дистанционные автоматизированные систем контроля и управления опасными объектами и т.д.

Перспективой развития предложенного способа является разработка адаптационных мер по выбору ошибкообнаруживающего и корректирующего кода для мажоритарного способа передачи в зависимости от интенсивности помех в канале связи.

## ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ТА ПОБУДОВИ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ

Зубань Ю.А., *доцент*; Крючко Е.В., *студент*

Дана робота присвячена аспектам проектування та розробки приймача модуля глобальної супутникової навігації на базі супутникової системи GPS.

Дана проблема має високу актуальність, беручи до уваги те, що дешеві і надійні навігаційні система знайдуть застосування у транспорті, системах охорони та деяких галузях науки. Крім того на прикладі даної системи можливо прослідкувати процес вирішення задачі оптимізації розрахункової моделі та зробити висновки щодо доцільності використання того чи іншого математичного апарату.

При розв'язанні поставленої задачі використовувалась найпростіша математична модель, що дозволило виконувати обробку інформації без використання дорогих та складних у програмуванні сигнальних процесорів. Тим не менш, як показало дослідження точності цієї моделі достатньо для багатьох сфер застосування розроблюваної системи.

При необхідності одержання значно більш високих показників точності можливе застосування іншого математичного апарату, але тоді виникає проблема швидкої обробки даних. Так як однією з цілей нашого проекту було створення дешевої системи, виникає питання створення такої математичної моделі що дозволила б обійтись без розв'язку диференційних рівнянь (а даний процес принципово неможливо вирішити за допомогою мікроконтролерів широкого застосування).

В даній схемі використано широкодоступний та дешевий GPS приймач: модуль EMU-408 виробництва GTC. Даний модуль виявляє собою функціонально закінчений блок на основі чипсета SIRF STAR III виконаний на окремій платі й оснащений інтерфейсом для підключення до керуючого пристрою. Для обміну інформацією із зовнішніми пристроями модуль має вбудований послідовний інтерфейс.

В системі також використовується модуль мобільного зв'язку що має функцію зовнішнього інтерфейсу, а також передбачається



використання GSM інформації для поліпшення точності визначення географічних координат.

Враховуючи те що EMU-408 може працювати як у режимі самостійної обробки даних супутників (видача безпосередньо розрахованих координат) так і режимі видачі даних «ефімеридів» (набір інформації супутника). Перший режим використовувався для контролю отриманих даних. Безпосередній розрахунок координат проводився ядром широкодоступного мікроконтролера PIC16F877AD. (Структура пристрою зображена на рис. 1)

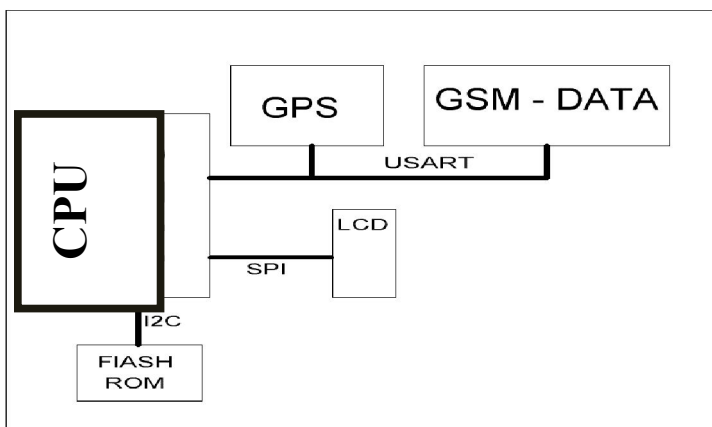


Рисунок 1 – Структурна схема системи

В результаті проведеної роботи можна зробити такі висновки:

– Похибка визначення координат суттєво залежить від математичної моделі, але має деяку мінімальну межу, що пов'язана з особливостями роботи системи навігації.

– Створення приймача системи GPS, що мав би параметри не гірші за промислові зразки, «невеликими затратами» можливість отриманих даних, та у деяких випадках дозволяє отримати точність вищу за 2,5м. (що є обмеженням апаратного забезпечення супутників і встановленими цивільними протоколами).

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ

Шаповалов С.С., студент

Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) предназначены для оптимизации технологических процессов производств и повышение их эффективности путём автоматизации, на основе применения микропроцессорной техники и эффективных методов и средств контроля и управления.

Актуальной задачей является исследование и проектирование таких систем для автоматизации технологических процессов в системе теплоснабжения, которые позволяют автоматически рассчитывать оптимальные режимы её работы, повышать её эффективность, надёжность, а возможность наблюдать и управлять в автоматическом режиме за такими технологическими процессами позволяет не только оптимизировать потребление энергоресурсов, но и эффективно проводить энергосберегающие мероприятия.

Анализ результатов проведённых исследований позволил выделить следующие основные задачи и функции, реализация которых обеспечит требуемое качество управления процессом теплоснабжения и энергоэффективность:

- поддержание технологических параметров в соответствии с требованиями оптимизированного технологического процесса;
- постоянный контроль параметров системы;
- обеспечение требуемых режимов теплоснабжения за счёт применения устройств, поддерживающих обратную связь и активно воздействующих на ход процесса при отклонении его от заданных параметров;
- возможность коррекции параметров;
- максимальная автоматизация проведения учетных измерений.

Одними из главных преимуществ применения АСУТП в системах теплоснабжения является снижение влияния человеческого фактора на управляемый процесс, сокращение персонала, снижение энергопотребления, повышение качества оказываемых услуг, и в конечном итоге – существенное повышение энергоэффективности производства.

## УСТРОЙСТВО МАРШРУТИЗАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЕТИ ETHERNET

Докашенко Н.С., студент

На сегодняшний день в мире существует более 150 миллионов компьютеров и более 80% из них объединены в различные информационно-вычислительные сети от малых локальных в офисах до глобальных типа Internet. Всемирная тенденция к объединению компьютеров в сети обусловлена рядом важных причин, таких как ускорение передачи информационных сообщений, возможность быстрого обмена информацией между пользователями, получение и передача сообщений не отходя от рабочего места, возможность мгновенного получения любой информации из любой точки земного шара, а так же обмен информацией между компьютерами разных фирм, работающих под разным программным обеспечением. Это, в свою очередь, обуславливает рост сложности структур сетей и взаимодействия между ними. Соответственно усложняется и поиск оптимальных путей в сети для быстрой доставки запросов пользователей сети, т.е. усложняется задача маршрутизации.

Маршрутизация пакетов в сети занимает одно из важных мест в управлении сетью. Под маршрутизацией обычно понимают доставку пакетов из одного узла сети в другой, максимизируя при этом производительность сети. Задачу маршрутизации в сети решают специальные устройства – маршрутизаторы. Алгоритмом маршрутизации является часть программного обеспечения маршрутизатора, отвечающая за выбор выходной линии, на которую поступивший пакет должен быть передан, то есть это выбор одного из возможных направлений, зависящий от текущей топологии сети, длин очередей в узлах коммутации и т.п.

В связи с интенсивным развитием современных компьютерных сетей и ростом затрат на их организацию, всё большую актуальность приобретают задачи маршрутизации информационных потоков. В большинстве случаев это связано с маршрутизаторами, не справляющимися с поддержанием таблиц маршрутизации и выбором оптимальных маршрутов для данного класса трафика. Такие потенциальные возможности, которые несут в себе маршрутизаторы и тот новый потенциальный подъём, который испытывает

інформаційний комплекс, а так же значительное ускорение производственного процесса не дают нам право не принимать это к разработке и исследованию и не применять на практике. Поэтому возникает задача исследования существующих алгоритмов маршрутизации с целью улучшения их характеристик, для создания новых устройств с высокой производительностью и в то же время с простой реализацией и низкой ценой, что сейчас немаловажно.

Проведенные исследования алгоритмов маршрутизации показали, что существуют следующие основные группы алгоритмов маршрутизации: централизованные и распределенные; статические и адаптивные. При применении централизованных алгоритмов главное управляющее устройство отвечает за обновление таблиц маршрутизации всех узлов и/или принимает решение о направлении маршрутизации. Централизованные алгоритмы могут быть использованы только в частных случаях и для малых сетей. В статических системах маршрутизации путь, который проходит пакет, определяется только на основе его источника и приемника, без рассмотрения текущего состояния сети. Этот путь обычно выбирается как кратчайший относительно выбранного стоимостного критерия. Адаптивные алгоритмы маршрутизации позволяют адаптировать способ выбора маршрутов к временным и к пространственным изменениям трафика. Недостатком такого подхода является то, что слишком частые изменения в сети могут привести к созданию циклических путей, а также к большим отклонениям в выполнении алгоритма. По результатам проведенных исследований рекомендуется при разработке маршрутизатора нижнего класса, предназначенного для локальных сетей подразделений (такие устройства связывают небольшие офисы с сетью предприятия) применение централизованных алгоритмов маршрутизации и применение типовой для данных устройств конфигурации (один порт локальной сети Ethernet и два порта глобальной сети, рассчитанные на низкоскоростные выделенные линии или коммутируемые соединения). Маршрутизатор, полученный в ходе такого проектирования, обладает высокой производительностью, простотой исполнения, низкой ценой и будет пользоваться большим спросом у администраторов, которым необходимо расширять имеющиеся межсетевые объединения и повышать работоспособность сети.

## УПРАВЛЯЕМЫЙ КОММУТАТОР С ФУНКЦИЯМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УЧЁТА УСЛУГ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Гриненко В.В., *ассистент*; Сирик А.А., *студент*

Одним из важнейших устройств современных телекоммуникационных сетей является сетевой коммутатор, предназначенный для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного сегмента. Их применение повышает производительность и безопасность сети, избавляет остальные сегменты сети от необходимости и возможности обрабатывать данные, которые им не предназначались. Новым этапом эволюции сетевого оборудования стали управляемые коммутаторы. Главным их преимуществом является возможность мониторинга всего устройства, отдельных портов и потоков данных, функции установки приоритетов пользователям.

В настоящее время актуальной задачей является исследование и проектирование “интеллектуальных” коммутаторов, обеспечивающих автоматизацию учёта, мониторинга, тарификации трафика и удалённого управления подключениями абонентов.

Результаты проведённых исследований показали, что основными функциями такого “биллингового” коммутатора должны быть:

- тарификация предоставляемых услуг непосредственно коммутатором;
- создание журналов пользователей с детальной атрибутикой в памяти коммутаторов;
- ведение сетевого журнала, который позволяет контролировать работоспособность коммутатора;
- резервирование данных, что позволяет хранить всю сетевую информацию и периодически обмениваться ею с сервером.

Разработка и внедрение данных функций в управляемом коммутаторе позволит решить основные проблемы современных локальных сетей, таких как аутентификация пользователей, предотвращение несанкционированного доступа, эффективное использование пропускной способности, статистика и учёт трафика, удалённое управление и администрирование сети.

Внедрение такого сетевого оборудования с автоматическим учётом услуг позволит ускорить переход компьютерных технологий на новый уровень развития.

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОДОВ

Корчан И.Н., *студент*; Протасова Т.А., *ст. преподаватель*

С увеличением объемов информации, которые ежедневно передаются по каналам связи, задача построения быстрых и качественных систем передачи данных остается актуальной. При построении систем передачи данных зачастую основным выбирают только один из показателей (помехоустойчивость или скорость передачи информации), что ведет к ухудшению второго. При построении адаптивных систем можно значительно улучшить оба показателя.

Разрабатываемая система передачи данных будет использоваться в условиях, когда организовать обратный канал связи невозможно, поэтому в качестве основного кода должен быть использован код, обладающий способностью не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их. Поэтому при построении СПД используем циклические коды. Для построения циклического кода необходимо выбрать образующий полином требуемой длины. Основной характеристикой, влияющей на его выбор, является вероятность необнаруживаемой ошибки. Ее можно подсчитать по формуле:

$$P_{но}(f_i, A) = \frac{1}{2^r} C_n^{d \min} p_b^{d \min}.$$

Был проведен анализ влияния параметров кода и характеристик канала связи на вероятность необнаруживаемой ошибки.

Основное влияние оказывают свойства канала: при увеличении вероятности ошибки в канале связи  $p_b$  увеличивается вероятность необнаруживаемой ошибки  $P_{но}$ , что требует увеличения количества проверочных символов. Кроме того, помехи в канале связи имеют нерегулярный характер: в дневное время они более интенсивные и менее интенсивные ночью. Поэтому целесообразно применить адаптацию по временному параметру и для разных времен суток применять различные образующие полиномы.

Таким образом, применение образующих полиномов разной длины позволит добиться в среднем минимальной длины кодовой комбинации, и, как следствие, максимальной скорости передачи данных.

## ВЫБОР И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОДОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Онанченко Е.Л., *доцент*; Кетов Д.В., *студент*

Использование избыточных кодов для повышения достоверности передачи информации требует учета различных факторов, анализируя которые, можно выбрать код: распределение ошибок в канале связи; допустимая вероятность ошибок кодовой последовательности; обеспечение заданной скорости передачи информации; сложность алгоритмов кодирующих и декодирующих устройств; обеспечение заданной надежности.

Основной фактор, без которого невозможно сделать правильный выбор кода, является характер распределения ошибок в канале связи. Число кодов, которые позволяют обнаруживать ошибки, значительно больше кодов, которые позволяют исправлять ошибки.

Наиболее рациональными следует считать такие системы передачи информации, в которых избыточные коды используются только для обнаружения ошибок. Причина этого заключается в том, что в реальных каналах часто наблюдаются пачки ошибок длиной в несколько десятков и даже сотен символов и для их исправления потребовался бы код с длиной кодовой комбинации, измеряемой тысячами и даже десятками тысяч разрядов, что технически трудно осуществимо.

Оценка кодов обычно производится по их основным характеристикам, выражающим различные количественные и качественные показатели. Характер ошибок в значительной степени зависит от использованного модема. Поэтому разработчику систем передачи информации всегда необходимо выбор модема и кода рассматривать как единую задачу и отыскивать ее оптимальное решение.

В результате проведенных исследований было выяснено, что одним из самых перспективных методов решения требований к достоверной передаче информации является помехоустойчивое кодирование на основе корректирующих кодов.

1. Березюк Н.Т., и др. Кодирование информации (двоичные коды). – «Вища школа», 1978. – 252 с.

## КОММУТАТОРЫ КАК ОПТИМАЛЬНОЕ СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Арбузов В.В., *ст. преподаватель*; Святашов И.О., *студент*

Современные условия развития телекоммуникаций диктуют необходимость их применения, как наиболее оперативного способа контроля, управления, автоматизации и обмена данными, как внутри отдельного подразделения, так и в масштабах целого производственного комплекса. В рамках этого направления требуется исследование и внедрение перспективных, оптимальных по цене, качеству и требуемым функциям коммутирующих устройств, что является актуальным в области развития телекоммуникационных сетей.

По сравнению с маршрутизатором, который образует логические сегменты посредством явной адресации, поскольку использует не плоские аппаратные, а составные числовые адреса, более надёжно, более эффективно и интеллектуально отфильтровывает трафик при соединении сетей, а также защищает сети от ширококвещательных штормов, целесообразно ориентироваться на коммутатор, который выполняет передачу трафика между узлами сети быстрее и на много дешевле.

Проведенные исследования типовых функций коммуникационных устройств показали, что для построения коммутаторов с оптимальным соотношением цена/качество необходимо ввести ограничения на количество исполняемых функций, а в качестве основных решаемых коммутатором задач выбрать следующие:

- определение информационных потоков, для которых требуется идентифицировать порты, то есть задания для них набора отличительных признаков, на основании которых коммутаторы смогут направлять потоки на предназначенные для них порты;
- определение маршрутов для потоков путем однозначного задания последовательности транзитных узлов и их интерфейсов, через которые надо передавать данные, чтобы доставить их адресату;
- сообщение об идентифицированных портах узлам сети, то есть сопоставление данных, относящихся к потоку, определенным интерфейсам;
- распознавание потоков по признакам, заданным в таблице коммутации;



- задача мультиплексирования в виде образования из нескольких отдельных потоков общего агрегированного потока;
- задача демультиплексирования путём разделения суммарного агрегированного потока, поступающего на один интерфейс, на несколько составляющих потоков;
- обнаружение и корректная обработка коллизии при её возникновении, включающее прекращение передачи кадра, и после паузы случайной длительности повторение передачи кадра.

При проектировании сети Ethernet применение таких коммутаторов позволит по сравнению с другими коммуникационными устройствами получить ряд следующих преимуществ:

- повышение производительности за счет высокоскоростных соединений между сегментами Ethernet (магистральные коммутаторы) или узлами сети (коммутаторы для рабочих групп). В отличие от разделяемой среды Ethernet коммутаторы позволяют обеспечить рост интегральной производительности при добавлении в сеть пользователей или сегментов;
- снижение числа коллизий, особенно в тех случаях, когда каждый пользователь подключен к отдельному порту коммутатора.
- незначительные расходы при переходе от разделяемой среды к коммутируемой за счет сохранения существующей инфраструктуры 10 Mbps Ethernet (кабели, адаптеры, программы);
- повышение безопасности за счет передачи пакетов только в тот порт, к которому подключен адресат;
- малое и предсказуемое время задержки за счет того, что полосу разделяет небольшое число пользователей (в идеале – один).

Коммутатор является достойной альтернативой многопротокольным маршрутизаторам, так как по скорости передачи данных не уступает маршрутизаторам, алгоритмы работы коммутатора проще, цена и качество исполнения полностью соответствуют функциональности устройства. Это значит, что применение коммутаторов при проектировании телекоммуникационных сетей позволит в значительной мере снизить материальные затраты на приобретение сетевого оборудования.

## О ПРИМЕНЕНИИ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Дегтяр С.А. студент

В связи с интенсивным развитием информационных технологий в деловой сфере общества и с необходимостью повышения уровня защищенности от подделок и искажений сообщений, передаваемых по телекоммуникационным каналам общего пользования в распределенных автоматизированных системах, все более актуальной становится задача внедрения электронной цифровой подписи (ЭЦП) при построении электронных систем на базе специализированных устройств и алгоритмов.

В Украине существует закон о цифровой подписи, процесс формирования которой регламентируется в ДСТУ 4145-2002. В старом стандарте часть операций проводится над полем, а в новом – над группой точек эллиптической кривой, под которой понимают множество пар точек  $(X, Y)$ , удовлетворяющих уравнению:

$$y^2 = ax^3 + dx + c.$$

Необходимость разработки нового стандарта вызвана потребностью в повышении стойкости ЭЦП к несанкционированным изменениям. Использование математического аппарата группы точек эллиптической кривой, с учетом отсутствия простого метода вычисления дискретного логарифма, позволяет обеспечить повышенную криптостойкость ЭЦП.

Результаты исследования этих процессов формирования и проверки ЭЦП показали, что существует необходимость определения целесообразности модернизации средств технической защиты информации (ТЗИ) при развитии систем с распределенным «интеллектом», позволяющих идентифицировать микропроцессорный источник информации и установить отсутствие искажения передаваемых данных при организации информационного обмена в системе. В зависимости от требуемой криптостойкости при создании систем можно рекомендовать применение средств ТЗИ на основе нового или старого стандарта с учетом интенсивности криптоаналитических атак, что в достаточной степени позволит оптимизировать затраты на обеспечение целостности и аутентичности информационных сообщений в автоматизированных системах.

## КОМБИНАТОРНАЯ ЗАЩИТА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЛОСКОСТНЫХ КОДОВ

Кулик И.А., *доцент*; Протасова Е.А., *студентка*;  
Сорокина Е.Я., *студентка*

Одним из эффективных методов борьбы с искажениями является применение корректирующих кодов, к которым относятся и комбинаторные коды, благодаря своей способности осуществлять коррекцию ошибок. Комбинаторные коды основаны на применении общих положений математической теории соединений: перестановок  $P_m$ , размещений  $A_m^n$  и сочетаний  $C_m^n$ . Они представляют собой систему кодовых комбинаций, состоящих из фиксированного набора символов, построенных не на арифметических, а на комбинаторных основах. Основным недостатком известных комбинаторных кодов, построенных по правилам перестановок и сочетаний, является то, что они позволяют обнаруживать, но не исправлять ошибки. С целью устранения указанных недостатков предлагаются комбинаторные плоскостные коды, способные производить коррекцию ошибок. Плоскостные коды в данном случае используют возможность нахождения любой точки плоскости системой комбинаторных координат. В предлагаемых кодах число контрольных символов  $k$  равно числу координат, а общее число информационных символов  $m$  числу комбинаций из  $k$  по 2, т.е.

$$m = C_k^2 = \frac{1}{2}k(k-1).$$

Общее число символов  $n$ , составляющих кодовую группу, равно

$$n = m + k = C_k^2 + k = \frac{1}{2}k(k+1)$$

С целью существенного повышения помехоустойчивости в работе предлагается в качестве информационной последовательности в плоскостных кодах использовать вместо обычных двоичных комбинаций другие комбинаторные коды: размещения, перестановки, сочетания.

В заключении вышеприведенный подход к конструированию комбинаторных кодов на базе плоскостного позволяет повысить помехоустойчивость передаваемых данных при минимальных затратах на практическую реализацию.

## ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ УНИТАРНЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ

Петров В.В., *аспирант*; Гусаков А.А., *студент*;  
Кремезный В.В., *студент*

На практике перспективным является применение биномиальных счетных схем, построенных на основе унитарной биномиальной системы счисления. Эти схемы обладают повышенным быстродействием и содержат природную избыточность, используемую для повышения помехоустойчивости [1]. Важной задачей является определение помехоустойчивости счетчика при заданных условиях эксплуатации. Для оценки помехоустойчивости цифровых устройств не могут быть применены методы оценки систем передачи информации, но если представить помехоустойчивое цифровое устройство в виде модели, состоящей из идеально работающего цифрового устройства и канала связи с шумом, то к нему можно применить эти методы оценки [2]. В такой модели абсолютно надежное цифровое устройство выбирает выходные символы в момент  $t$  из ансамбля  $X$ . Однако выходные символы выбираются не из ансамбля выходных символов цифрового устройства, а из некоторого ансамбля  $E$ , причем выбор происходит без задержек. Поведение этой системы представляется вероятностями  $P(x_\alpha(t))$ ,  $P(x_\alpha(t)/e_\beta(t))$ . Модель цифрового устройства приведена на рис. 1.

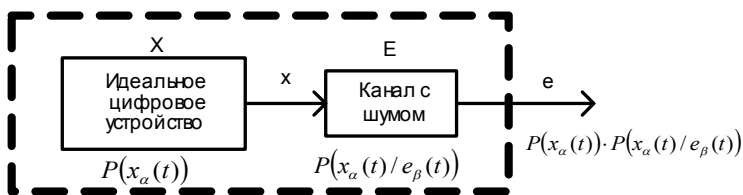


Рисунок 1 – Модель цифрового устройства

В результате имеется модель, представленная в виде сочетания двух элементов, первый из них реализует функцию  $f(x_\alpha(t))$ , а второй представляет канал связи с шумом и нулевой задержкой. Как

следствие, ошибки возникающие, в канале связи с шумами являются моделью ошибок, возникающих при работе реальных цифровых устройств. Модель канала связи с шумом приведена на рис. 2.

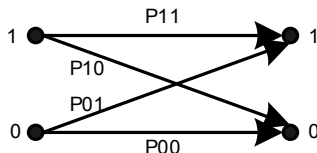


Рисунок 2 – Модель канала с шумом

Здесь входными являются символы 0 и 1. Возможными выходными символами также будут 0 и 1. Вероятности  $p_{00}$ ,  $p_{11}$  определяют вероятность неискаженной передачи символов 0 и 1 соответственно, вероятности  $p_{01} = 1 - p_{00}$ ,  $p_{10} = 1 - p_{11}$  – вероятность трансформации символов.

К такой модели применимы методика оценки помехоустойчивости неразделимых кодов [3]. Согласно методике вероятности переходов кодовых слов  $Z + V + \Pi = 1$ , где  $Z$ ,  $V$  и  $\Pi$  представляют собой вероятности переходов кодовых слов в запрещенные, разрешенные, ошибочные слова и в самих себя. Основной характеристикой кода является величина вероятности перехода разрешенной кодовой комбинации в другую разрешенную  $P_{ош} = V = 1 - Z - \Pi$ . Для унитарных биномиальных кодов

$$V = P_{сообщ}(q_i) \cdot \sum_{q_i=0}^k \left( \sum_{t=1}^{q_i, q_i > 0} p_{00}^{k-q_i} \cdot p_{11}^{q_i-t} \cdot p_{10}^t + \sum_{L=1}^{k-q_i, q_i < k} p_{00}^{k-q_i-L} \cdot p_{11}^{q_i} \cdot p_{01}^L \right),$$

где  $P_{сообщ}(q_i)$  – вероятность появления сообщения,  $k$  – параметр кода.

1. Борисенко А.А., Петров В.В. Вестник СумГУ, Серия «Технические науки» (2009).
2. Дж. Д. Коуэн. Надежные вычисления при наличии шумов – М. 1968.
3. Борисенко О.А., Онанченко Є.Л. Вісник СумДУ, Серія «Природознавчі науки», №2(2) (1994).

## ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ДЕШИФРАТОРА

Борисенко А.А., *профессор*; Гутенко Д.В., *аспирант*

Двоичные дешифраторы могут быть использованы для реализации различных устройств, таких как мультиплексоры, демультимплексоры, преобразователи кодов, ПЗУ. При работе линейного двоичного дешифратора могут возникать сбои, из-за чего на выходе дешифратора может появиться ошибочная информация. В основу алгоритмов обнаружения ошибок в дешифраторах положено их свойство вырабатывать сигнал только на одном из своих выходов. При этом возникает задача оценить помехоустойчивость дешифраторов.

Для оценки помехоустойчивости дешифратор, который даёт сбой, удобно рассматривать как систему из идеального дешифратора и канала связи, через который передаётся информация с выходов идеального дешифратора. При передаче комбинации с выходов дешифратора через канал связи, единичный разряд может перейти в нулевой, а один или более нулевых разрядов могут перейти в единичные. Вероятность перехода из 1 в 0 и из 0 в 1 зависит от эксплуатационных условий дешифратора.

Комбинация на выходах дешифратора представляет собой равновесный код 1 из  $N$ , где  $N$  – количество выходов дешифратора. В этом коде, при передаче сигнала через канал связи любая  $N$ -разрядная правильная комбинация может перейти в любую другую из  $2^N$  возможных комбинаций, среди которых будет  $2^N - N$  обнаруживаемых ошибочных комбинаций.

Кроме обнаруживаемых ошибочных комбинаций существуют необнаруживаемые ошибочные комбинации, когда происходит переход правильной комбинации в любую другую комбинацию с одной единицей. Количество необнаруживаемых ошибочных комбинаций равно  $N-1$ , так как учитывается, что среди  $2^N$  комбинаций одна будет правильной. Тогда сумма всех обнаруживаемых и необнаруживаемых ошибочных комбинаций, а также правильной комбинации будет равна  $2^N$ , так как  $2^N - N + (N - 1) + 1 = 2^N$ . Число таких комбинаций равно числу переходов правильной комбинации в любую другую.

Максимальная доля обнаруживаемых ошибочных переходов будет равна  $D = 1 - (N / 2^N)$  [1].

Правильной передаче соответствует переход комбинации в саму себя, то есть единица должна перейти в единицу, а во всех остальных разрядах нули должны перейти в нули. Для исходной комбинации вероятность правильного перехода равна  $\Pi = (P_{00})^{N-1} P_{11}$ .

При необнаруживаемом ошибочном переходе одна разрешенная комбинация должна перейти в другую разрешенную, то есть в комбинацию с одной единицей и  $N - 1$  нулями. Это возможно если единичный разряд перейдет в нулевой, а один нулевой перейдет в единицу. Все остальные  $N - 2$  нулевых разряда должны перейти в нулевые. Соответственно вероятность перехода правильной комбинации в любую другую разрешенную комбинацию  $V = (N - 1) (P_{00})^{N-2} P_{10} P_{01}$ . Следовательно, вероятность перехода правильной комбинации в любую запрещенную комбинацию равна

$$Z = 1 - (N - 1) (P_{00})^{N-2} P_{10} P_{01} - (P_{00})^{N-1} P_{11}$$

Для определения среднего значения вероятностей переходов правильных комбинаций в необнаруживаемые ошибочные и в саму себя необходимо учитывать вероятности появления той или иной исходной комбинации. Случай для равновесных кодов с одной единицей является частным случаем, и к нему применимы более общие формулы, доказанные в [2]. Там было доказано, что для любых равновесных кодов вероятностные величины, которые характеризуют одну комбинацию равновесного кода, могут применяться для средней величины, характеризующей весь код [2]. Поэтому вероятности  $V$  и  $\Pi$  для одной комбинации являются также средними значениями вероятностей переходов правильных комбинаций в необнаруживаемые ошибочные и в саму себя.

Определив значения вероятностей и других характеристик при заданных вероятностях  $P_{01}$  и  $P_{10}$ , зависящих от эксплуатационных условий, можно оценить помехоустойчивость дешифратора.

1. Березюк Н.Т. Кодирование информации: Справочник. – Харьков, 1978.
2. Борисенко А.А., Бережная О.В. Вестник СумГУ, № 1(12) (1999).

## **СЕКЦІЯ 8**

# **«АВТОМАТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ»**



## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПО КОНТРОЛЮ Й ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ ОФІСНИХ І ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Глушан В.О., *студент*; Баравий В.Т., *доцент*

Усе частіше й частіше в наші дні ми зіштовхуємося з проблемою зростаючих людських потреб з одного боку, і виснаженням корисних копалин планети з іншого. Як наслідок – нестримне зростання цін на енергоносії. Цей фактор з кожним днем усе частіше змушує замислюватися власників компаній про економію й облік енергоносіїв у їхніх офісних приміщеннях.

Сучасний офісний будинок не може існувати без численних систем: освітлення, опалення, клімат-контролю, безперебійного електроживлення, систем безпеки та інформаційних систем. Багатофункціональна система «інтелектуального» офісу поєднує в єдине ціле інженерне устаткування, постійно відслідковує його стан. Таким чином, інтелектуальна система керування по контролі й обліку енергоносіїв, що лежать в основі «інтелектуального» будинку, не тільки забезпечують людям, що живуть і працюють в ньому, оптимальні умови, але й дозволяють понизити витрати на експлуатацію будинку.

В роботі було розраховано надійність окремих елементів системи, проведено аналіз окупності інтелектуальних енергозберігаючих технологій на прикладі однієї одиниці устаткування. Результатом було встановлення строків окупності даного виду устаткування, який склав менш ніж півтора роки. При встановленні енергозберігаючого устаткування на більшість інженерних механічних систем будівлі буде досягнуто комплексного ефекту енергозбереження. Особливо велике значення має цей фактор для офісних приміщень, так як рівень оснащення енергозберігаючим устаткуванням впливає на собівартість послуг чи продукції, яку вона виробляє. Це в свою чергу є головним чинником при формуванні рівня конкурентоспроможності даної організації.

Тому дуже важливим аспектом проблеми енергозбереження є аналіз доцільності впровадження інтелектуальних енергозберігаючих систем в офісних та житлових приміщеннях та строку їх окупності. Це дає можливість споживачу планування економічного ефекту.

## АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Лисиця О.Р., студент; Баравий В.Т., доцент

В умовах кризи ми маємо значне подорожчання мікропроцесорної техніки. Тому зараз дуже складно для вищих навчальних закладів купувати нове обладнання. Науково технічний прогрес не стоїть на місці і постійно створюється нове обладнання, до того ж воно коштує не малих грошей. Вирішенням даної проблеми може слугувати моделювання мікропроцесорних систем.

В даній роботі було розроблено комп'ютерну модель стенду EV8031/AVR за допомогою програми Labcenter Electronics Proteus. Складання схеми стенду полягає у розташуванні вибраних елементів на схемі та «малюванні» ліній зв'язку між ними. Розроблена модель дає можливість отримання студентом практичних навичок по проектуванню мікропроцесорних систем, що має дуже важливе значення для формування в нього навичок майбутнього фахівця.

Розроблена модель пройшла тестування на виконання програм, які були розроблені студентом з цією метою. Був порівняний результат їх виконання на реальному стенді і на його моделі. Модель показала відмінні результати, а саме відповідність роботи.

Дана робота дає змогу розробляти і впроваджувати моделі в навчальний процес. Важливим економічним досягненням є економія грошей на придбання додаткової кількості стендів та нової їх версії, адже на кожен стенд затрачаються реальні кошти, а моделювання дає змогу мати віртуальний стенд кожному студенту навіть в себе дома.

Дана робота дає можливість кожному студенту й кожному ВНЗ мати можливість вивчати практичні аспекти мікросхемотехніки, мікропроцесорної техніки, програмування мікропроцесорів і мікроконтролерів. Використовуючи описане в роботі моделювання, можливо проектувати достатньо складні мікропроцесорні системи, використовуючи широку номенклатуру мікропроцесорів та мікроконтролерів, що значно підвищує рівень випускників, як інженерів, так і програмістів мікропроцесорних систем. За умов недостатньої технічної бази це одне із кращих рішень, що має практичну сторону для створення систем автоматички.

## АСКУЗ УСТАНОВКИ ОСУШКИ ГАЗУ

Берест О.Б., *студент*; Самедов Ю.Ф., *доцент*

Автоматизована система контролю, управління та захисту (АСКУЗ) установки осушки стисненого природного газу є важливою частиною енергетичної галузі. Вона призначена для забезпечення стійкої роботи цієї установи у ручному та автоматичному режимах, регулювання продуктивності, контролю технологічних параметрів, оперативної і аварійної сигналізації та захисту і таке інше. Найчастіше система використовується на АГНКС.

У складі АСКУЗ використовуються такі функціональні частини:

- Здавачі розташовані у трубопроводах, технологічних розривах, контрольних точках;
- Пристрої узгодження зі здавачами призначені для сьому інформації та її передачі у головний пульт операторів;
- Головний пульт операторів призначень для керування роботою установи у цілому та візуального контролю за технологічним процесом;
- Пристрої узгодження з виконавчими пристроями;
- Силова шафа для розміщення силової автоматики головного приводу, вентилятора охолодження, блоків живлення та ін.

АСКУЗ забезпечує виконання наступних функцій: ввімкнення і вимкнення компресорної установки с ГПО, аварійне вимкнення, автоматичний та ручній режими роботи усій установи, процедуру програмного пуску та зупинки, програмна робота згідно заданої часової циклограми, захист силових кіл та кіл керування від перевантажень та струмів короткого замкнення.

Подальше удосконалення АСКУЗ пов'язано насамперед з новими розробками програмного забезпечення мікропроцесорних та інших цифрових засобів автоматичного контролю, сигналізації, захисту усїх агрегатів АГНКС, використання більш складних та вдосконалених алгоритмів регулювання і керування і таке інше. Також за необхідне є будування багаторівневої системи автоматизованого керування технологічним обладнанням та усїма агрегатами у будь-яких режимах, у тому числі у небезпечних та аварійних ситуаціях. Сучасна керуюча техніка дозволяє таке керування у дуже гнучких варіантах.

## СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Комлик Ю.М., *студент*; Самедов Ю.Ф., *доцент*

Практика багатьох років підприємств України і СНГ показує, що кожне підприємство постійно торкається з різними проблемами економічного характеру. Будь-яке сучасне промислове підприємство споживає електроенергію у промислових масштабах. Тем більш це актуально для науково-промислового машинобудівного об'єднання, яке складається з багатьох підрозділів зі потужним споживанням електроенергії. На кожному виробництві існує система обліку електроенергії, яка призначена для збору даних о споживаній електроенергії і розрахунку з постачальниками. Але досі велика кількість підприємств використовують застарілу індукційні лічильники, дані з яких знімають оператори організацій – постачальників електроенергії. Як наслідок, з'являється ситуація, коли підприємство переплачує значні суми за електроенергію. Це стає серйозною проблемою у роботі НПО, оскільки потім впливає на конкурентоздатність.

Рішення проблеми обліку споживаної електроенергії становиться можливим при використанні автоматизованих систем технічного і комерційного обліку електроенергії. Такі системи ґрунтуються на «інтелектуальних» вимірювальних приладах, лічильниках, засобах зв'язку, а так само засобах збору й відображення даних різного рівня.

Для досягнення цієї мети поставлено задачу опису та аналізу можливих засобів створення такої системи. У цієї роботі проведено структурно-функціональний аналіз системи з використанням методології об'єктно-орієнтованого підходу. Авторами запропоновані приклади структурних схем автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, яку, як автоматизовану систему представлено в структурному вигляді.

Розглядувана АСТОЕ НВО призначена для організації автоматизованого розрахункового обліку та автоматизованого диспетчерського керування споживанням електроенергії для виробничих потреб по цехах, дільницях і виробничим площадкам великого науково-виробничого об'єднання.

## **ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ И МУЛЬТИ-АГЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Толбатов А.В., *ассистент*; Ерыкалов Н.Н., *студент*

Эволюция информационных и телекоммуникационных систем на современном этапе требует разработки теоретических основ проектирования интегрированных инфотелекоммуникационных компьютерных сетей нового поколения, включающих в себя телекоммуникационные системы (ТКС) и распределённые информационные и вычислительные ресурсы (локальные и региональные компьютерные сети, хранилища данных, GRID-системы).

Цель работы – анализ принципов проектирования компьютерных сетей нового поколения, включающих в себя ТКС. Совершенствование глобальных ТКС в первую очередь связано с дальнейшим развитием теоретических основ и реализацией методов автоматизации, оптимизации и интеллектуализации систем сетевого управления информационными потоками. Причиной этого является тот факт, что сегодня сетевое управление глобальными ТКС в значительной степени зависит от сетевых администраторов и операторов.

В работе авторами предложен альтернативный путь совершенствования сетевого управления потоками данных в глобальных ТКС, основой которого является его автоматизация на базе динамических моделей ТКС, как сложных сетевых объектов управления, методов оптимизации процессов маршрутизации потоков данных и принципов адаптивного и интеллектуального управления трафиком с использованием мульти-агентных технологий и протоколов нового поколения. На этом новом пути возможен как учёт реальной динамики ТКС, т.е. фактического изменения структуры (топологии) и параметров (весов каналов связи) ТКС в реальном времени, так и адаптация к различным факторам неопределённости на основе мониторинга и функциональной диагностики ТКС.

Глобализация и другие современные тенденции развития ТКС привели не только к существенному пересмотру основных телекоммуникационных концепций, но и к значительным технологическим сдвигам, а именно:

от речевого трафика к трафику данных и мультимедийному трафику; от специализированных ТКС к глобальным ТКС нового поколения; от локальных специализированных услуг к мультимедийным универсальным услугам и приложениям с гарантированным качеством в любое время и в любом месте.

Архитектура глобальной ТКС состоит из четырёх основных (базисных) подсистем:

- Сетевая система управления (ССУ);
- Распределённая информационная система (РИС);
- Распределённая транспортная система (РТС).
- Распределённая система связи (РСС);

Эти подсистемы связаны между собой и предназначены для управляемой передачи пользователям глобальной ТКС распределённых информационных ресурсов, хранящихся в КС.

Задача управления трафиком в глобальных ТКС распадается на две взаимосвязанные задачи:

- планирование, оптимизация и адаптация маршрутов передачи потоков между узлами ТКС;
- управление передачей потоков данных по заданному маршруту с адаптацией к изменяющемуся трафику, возможным перегрузкам или изменениям топологии ТКС.

Предложенные методы решения задач сетевого управления основываются на разработке адаптивных, нейросетевых и мульти-агентных маршрутизаторов, использующих протоколы нового поколения (например, IPv6-протоколы).

Результаты анализа предполагают развитие и использование динамических моделей глобальных ТКС с переменной структурой, математических моделей, оптимизационных алгоритмов и протоколов динамической, адаптивной, нейросетевой и мульти-агентной маршрутизации потоков данных. Рассмотренные модели, методы и протоколы нового поколения являются важной составляющей частью современной теории адаптивного и интеллектуального управления информационными потоками в глобальных ТКС.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ЕТАПІВ РЕІНЖИНІРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Толбатов В.А., доцент

Розробка моделей бізнес-процесів промислового підприємства розглядається в контексті здійснення їх реінжинірингу, як методології суттєвого удосконалення процесів підприємства з метою підвищення їх ефективності. Саме роботи з реінжинірингу дозволяють виявити найбільш суттєві для створення доданої якості підприємства процеси і визначитися з деталізацією розробки моделей.

Створення інтегрованого інформаційного середовища (ІС) промислового підприємства починається з реінжинірингу – кардинальної революційної перебудови бізнес-процесів підприємства, що пов'язані з переходом на нові принципи його побудови (рис.1).

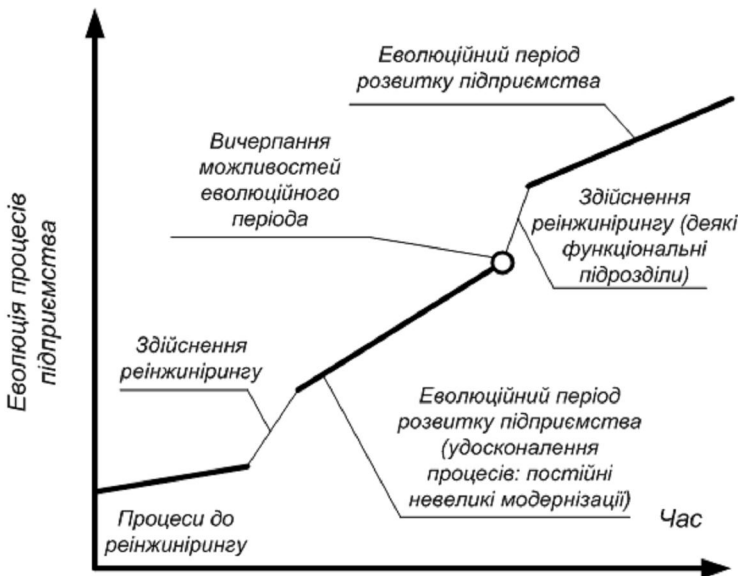


Рисунок 1 – Еволюція бізнес-процесів підприємства

Реінжиніринг потребує виконання спеціального проекту і створення команди, до якої залучаються фахівці підприємства і

консультанти консалтингових компаній. Група з реінжинірингу повинна бути включена до складу робочої групи, яка займається побудовою ІС підприємства. Після досягнення цілей реінжинірингу, проект завершується і підприємство переходить до еволюційного періоду свого розвитку: постійним невеликим модернізаціям процесів, які виконуються в ході функціонування підприємства. Коли можливості еволюційного розвитку вичерпуються, компанія знову здійснює реінжиніринг. Як правило, новий проект охоплює вже не всю компанію, а тільки підрозділи, функціонування яких не задовольняє вимогам щодо якості, часу виконання робіт і т.ін.

Для виявлення процесів, які підлягають реінжинірингу, виконується аналіз бізнес-процесів підприємства за показниками (табл. 1):

Таблиця 1 – Показники процесів підприємства

Показник	Характеристика показника
Часовий цикл	Передбачає можливість збільшення або модифікації потужностей виробництва або послуг на вимоги ринку
Собівартість	Визначає прибутки підприємства і характеризує конкурентоздатність підприємства
Якість	Включає відповідність світовим стандартам і здатність задовольнити вимоги споживачів
Наявність ресурсів	Розкриває наявність обладнання та людських ресурсів, які забезпечують гнучкість, адаптивність та креативність процесів (запас потужності для здійснення кардинальних змін)
Прибуток підприємства	Характеризує попит на вироби підприємства

Загальна модель реінжинірингу, наведена у доповіді, передбачає прийняття рішення щодо процесів – коригування або розробку кардинально нових процесів, для чого розробляється план впровадження.

Очевидно, що процес впровадження проекту з реінжинірингу потребує від підприємства значних матеріальних, інтелектуальних та фінансових ресурсів і є необхідним етапом у загальному процесі побудови ІС підприємства.



## СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ОБРОБКИ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТРАКТАХ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Толбатов А.В., *асистент*

Розглянемо типові задачі аналізу функціонування інформаційних трактів динамічних систем, використовуючи ілюстративну схему рис. 1.



Рисунок 1 – Схема перетворень сигналу

На рис. 1 прийняті наступні позначення:

$Z[\cdot]$  – оператор, який визначений на просторі випадкових функцій  $\{\xi_j(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in T, j = \overline{1, n}\}$  і описує функціонування аналізуемого тракту системи,  $\Omega$  – множина подій (повідомлень, результатів виміру)  $\omega$ ,  $T$  – часовий інтервал спостереження;

$\xi(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in T$  – вхідний випадковий процес (вхідна дія). У системі моніторингу ці процеси відображують характеристики (звичайно числові) поточного стану технічних елементів або процесів (технічних, технологічних), що підлягають спостереженню (вимірам);

$\zeta(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in T$  – вихідний випадковий процес як відгук оператора  $Z[\cdot]$  при вхідній дії  $\xi(\omega, t)$ . У системі моніторингу ці процеси мають місце на прийомних кінцях інформаційних каналів. Вони відображують характеристики поточного стану технічних елементів або процесів і підлягають статистичній обробці з метою виділення достовірної інформації та перешкод, а також для формування інтегрованих відомостей про функціонування динамічних систем.

Виділяють наступні три задачі аналізу функціонування інформаційного каналу системи:

Пряма задача – задані  $\xi(\omega, t)$  і  $Z[\cdot]$ . Потрібно визначити  $\zeta(\omega, t)$ ;

Обернена задача – задані  $\zeta(\omega, t)$  і  $Z[\cdot]$ . Потрібно визначити  $\xi(\omega, t)$ ;

Задача ідентифікації, або задача “чорної скриньки” – задані  $\xi(\omega, t)$  і  $\zeta(\omega, t)$ .

Потрібно визначити  $Z[\cdot]$ .

Природно, що кожна з вказаних вище задач потребує відповідної конкретизації для її розв’язку. В задачах моніторингу технологічних об’єктів доводиться розв’язувати другу з цих задач. Розглянемо сучасні методи її розв’язку.

1. Методи аналізу лінійних перетворень випадкових процесів. Сучасний підхід передбачає аналіз лінійних перетворень випадкових процесів у рамках кореляційної теорії.

2. Методи аналізу нелінійних перетворень випадкових процесів. Задачі нелінійних перетворень випадкових процесів у порівнянні з лінійними розв'язуються значно складніше, як правило, у рамках кореляційної теорії. Це методи: кореляційних функцій; розкладання відгуків нелінійних операторів в ортогональні ряди, ортогональні стохастичні функціонали, ряди Вольтера та інші.

3. Метод стохастичних інтегральних зображень. Цей метод по суті є узагальненням таких відомих методів як методи білого шуму, формуючих фільтрів, канонічних розкладів, породжуючого процесу. Застосування методу стохастичних інтегральних зображень дає можливість:

описати широкий клас сигналів і перешкод, які діють при функціонуванні інформаційних каналів АСУ, на базі теорії лінійних випадкових процесів, в тому числі гаусівських, нестационарних, з пуассонівською компонентою, як з неперервним, так і дискретним часом;

отримати повний в ймовірнісному розумінні опис математичних моделей досліджуваних сигналів і перешкод у вигляді скінченновимірної послідовності характеристичних функцій лінійного випадкового процесу;

проводити повний у ймовірнісному розумінні аналіз лінійних перетворень діючих сигналів і перешкод в інформаційних каналах АСУ як аналіз лінійних випадкових процесів, які є класом процесів, замкнених відносно лінійних перетворень;

у рамках кореляційної теорії робити аналіз нелінійних перетворень діючих сигналів та перешкод на основі використання ортогональних стохастичних функціоналів, в тому числі в негаусівському і нестационарному випадках;

з метою отримання статистичних оцінок характеристик досліджуваних сигналів і перешкод проводити широке коло імітаційних моделюючих експериментів на ЕОМ на основі використання основних положень теорії лінійних випадкових процесів і методу стохастичних інтегральних зображень випадкових процесів.

На сьогодні можна стверджувати, що повний опис відгуку  $\zeta(\omega, t)$  лінійного оператора  $Z[\cdot]$  для любого випадкового процесу не отримано, тобто не визначені скінченновимірні функції розподілу або характеристичні функції досліджуваного відгуку, що є напрямком для проведення наступних досліджень.

## ОБЗОР И АКТУАЛЬНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ PDM СИСТЕМ

А.В.Толбатов, *ассистент*; Д.А.Десятов, *студент*

PDM-система (Product Data Management — система управления данными об изделии) — организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты.

Цель работы – анализ использования и пути внедрения современных систем управления данными об изделии на базе PDM-систем.

В работе рассмотрены основные функции PDM системы:

- управление хранением данных и документов. Все данные и документы хранятся в специальной подсистеме – хранилище данных, которое обеспечивает их целостность, организует доступ к ним в соответствии с установленными правами и позволяет осуществлять их поиск;
- управление процессами, т. е. отслеживание всех операций пользователей с данными, в том числе версий создаваемых и изменяемых данных;
- управление составом изделия. PDM-система содержит информацию о составе изделия, т.е. наличие нескольких представлений состава для различных предметных областей, а также управление применяемостью компонентов изделия с помощью правил комплектации;
- классификация. PDM-система должна поддерживать различные классификаторы хранимой в ней информации;
- календарное планирование. PDM-система содержит функции формирования календарного плана работ, распределения ресурсов между отдельными задачами и контроля их выполнения;
- вспомогательные функции обеспечивают взаимодействие PDM-системы с другими программными средствами, с пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.

Произведен анализ эффективности от использования PDM систем.

Основным преимуществом от использования на предприятии PDM является сокращение времени разработки изделия, т.е. сокращение

времени выхода изделия на рынок и повышение качества изделия. Это достигается за счет повышения эффективности процесса проектирования изделия:

Избавление конструктора от непроизводительных затрат своего времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных, что составляет 25-30% его времени;

Улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками ЖЦ изделия за счет поддержки методики параллельного проектирования, что приводит к сокращению количества изменений изделия;

Значительное сокращение срока проведения изменения конструкции изделия или технологии его производства за счет улучшения контроля за потоком работ в проекте;

Резкое увеличение доли заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии (до 80%) за счет предоставления возможности поиска компонента с необходимыми характеристиками.

По результатам анализа авторами предложены следующие три этапа внедрения. К задачам первого этапа относятся: ввод в систему всей информации по выбранному изделию; наполнение данными информационного пространства; обеспечение корректности моделей, созданных в системах САПР; реализация структуры хранения данных и учет документов на бумажных носителях; ознакомление сотрудников с системой; реализация маршрутной технологии; создание технологических процессов в интегрированной среде; интеграция с системой подготовки технологических процессов; настройка в системе бизнес-процессов первой очереди; разработка механизма внесения изменений и их отслеживание; разработка программы загрузки данных из системы АСУ.

Основные задачи второго этапа – реализация в электронном виде бизнес-процессов утверждения и согласования электронной документации и подключение к системе ряда цехов основного производства.

На третьем этапе предусматривается интеграция с системой ERP и системой организационного документооборота, а также расширение области применения PDM на все изделия основного производства. В ходе четвертого этапа будут производиться внедрение электронной цифровой подписи в соответствии с действующим законодательством, создание единого информационного пространства с разработчиком и службой эксплуатации.

## МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ И МУЛЬТИ-АГЕНТНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Толбатов В.А., *доцент*; Ерыкалов Н.Н., *студент*

Необходимость в адаптивной маршрутизации потоков данных возникает при непредсказуемых изменениях структуры (топологии узлов и каналов связи) или параметров глобальных телекоммуникационных системах (ТКС), а также при перегрузке буферов узлов или каналов связи ТКС. Поэтому маршрутизаторы должны планировать и корректировать оптимальные маршруты передачи пакетов данных, адаптируя их к возможным изменениям ТКС, происходящих в реальном времени. Для этого необходима обратная связь о текущем состоянии узлов и каналов связи ТКС, которая может быть организована с помощью мониторинга и обмена информацией между узлами ТКС.

Адаптивная маршрутизация потоков данных в глобальных ТКС имеет ряд преимуществ по отношению к неадаптивной (статической или динамической) маршрутизации, а именно:

- обеспечивает работоспособность и надежность сетевой системы управления (ССУ) при непредсказуемых изменениях их структуры или параметров ТКС;
- приводит к более равномерной загрузке узлов и каналов связи ТКС за счет «выравнивания» нагрузки;
- упрощает управление передачей потоков данных при сетевых перегрузках;
- увеличивает время безотказной работы и производительность ТКС при высоком уровне предоставляемых услуг при непредсказуемых изменениях сетевых параметров и структуры.

Принцип адаптивной маршрутизации с локальной обратной связью от одного узла заключается в том, что пакет данных передается в канал связи с самой короткой очередью или с наибольшей вероятностью предпочтительности канала. При этом может происходить локальное выравнивание нагрузки в выходных каналах ТКС. В этом случае возможно отклонение от оптимального маршрута. Более эффективные принципы адаптивной маршрутизации основываются на передаче локальной информации от соседних узлов или глобальной информации от всех узлов ТКС. В качестве такой

інформації можуть використовуватися, наприклад, данні об отказах или задержках в узлах или каналах связи в ТКС.

Моделі и принципи адаптивної маршрутизації потоків даних в глобальних ТКС можна розбити на три класи:

- централизована (ієрархічна) маршрутизація;
- децентрализована (розподілена) маршрутизація;
- мульти-агентна маршрутизація.

Принцип централизованої маршрутизації заключається в тому, що кожен вузол ТКС спочатку передає інформацію про своє стан (задержки или пропускні здатності вихідних каналів и т.п.) центральному вузлу-маршрутизатору. Далі цей маршрутизатор вираховує оптимальний маршрут на основі отриманої глобальної інформації про поточний стан ТКС и передає його назад всім вузлам маршруту. Після цього починається управляема передача пакетів даних від вузла-джерела до вузла-отримувача ТКС по спланованому оптимальному маршруту.

Принцип децентрализованої (розподіленої) маршрутизації ґрунтується на обміні локальною інформацією між вузлами ТКС и використанні цієї інформації про поточний стан вузлів и каналів связи ТКС для вираховування локально-оптимального маршруту. По мірі вираховування послідовних ділянок цього маршруту здійснюється розподілена управляема передача пакетів даних від вузла-джерела до вузла-отримувача ТКС.

Принцип мульти-агентної маршрутизації являється своєрідним компромісом між принципами централизованої и децентрализованої маршрутизації. Він ґрунтується на багатоадресній или многопоточної маршрутизації и аналізі можливих мережних конфліктів з метою їх запобігання или розв'язання в процесі управляемої передачі пакетів даних по множині оптимальних маршрутів від вузлів-джерел до вузлів-отримувачів глобальної ТКС.

Предлагаемые математические модели и оптимизационные методы маршрутизации информационных потоков для глобальных ТКС нового поколения могут быть полезны для организации адаптивного мульти-агентного обслуживания GRID-инфраструктур различного масштаба и назначения, а также для создания современных научно-образовательных сетей.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Толбатов А.В., *ассистент*; Толбатов С.В., *студент*;  
Мамонтов В.Г., *студент*

Телефонная связь была и остается критически важной частью инфраструктуры любого предприятия. Современная корпоративная телефонная связь – это не только средство ведения переговоров. Такие возможности как организация конференций, видеотелефония, унифицированный обмен сообщениями, интерактивные голосовые меню, информационные сервисы на телефонах и многие другие превращают сеть связи в мощный инструмент повышения производительности труда на предприятии.

Цель работы – анализ развития и оптимизации корпоративных систем связи.

Развитие корпоративных систем связи в настоящее время происходит с применением технологий *IP-телефонии*.

Под *IP-телефонией (VoIP)* понимается технология, позволяющая использовать Интернет или любую другую IP-сеть в качестве средства организации и ведения телефонных разговоров, в том числе междугородных и международных, и передачи факсов в режиме реального времени. IP-телефония объединяет телефонные сети и сети передачи данных в единую коммуникационную сеть, которая предлагает мощное и экономичное средство связи.

Решения IP-телефонии комбинируют голос и данные в одной сети и предлагают дешевые международные и междугородные звонки и целый набор коммуникационных услуг любому пользователю.

Протоколы обеспечивают регистрацию IP устройства (шлюз, терминал или IP телефон) на сервере провайдера, вызов и переадресацию вызова, установление голосового соединения, передачу имени и номера абонента. В настоящее время широкое распространение получили следующие VoIP протоколы: SIP — протокол установления сессии обеспечивает передачу голоса и для сигнализации обычно использует порт 5060 UDP; H.323 – протокол, более привязанный к системам традиционной телефонии; IAX2 – протокол обмена VoIP данными между IP-PBX Asterisk; MGCP – или Media Gateway Control Protocol – протокол связи в распределённых VoIP системах передачи голоса по протоколу IP.

Авторами исследовано основное преимущество технологии VoIP – сокращение требуемой полосы пропускания, что обеспечивается применением *аудиокодексов* для сжатия речи. Параметры GSM — скорость передачи данных до 9.6 кбит/с, G.711 – 64 кбит/с, G.722 – 32-64 кбит/с, G.726 – 16, 24, 32, и 40 кбит/с, G.729 – 8 Кбит/с и др.

Телефония на базе сети передачи данных позволяет избавиться от эксплуатации отдельных сетей для передачи данных и телефонной связи, а также способствует более полному удовлетворению потребностей предприятий в услугах телефонии. Приложения IP-телефонии дают возможность сократить расходы на внедрение, поддержку и расширение объединенной сети и, как следствие, повысить рентабельность телекоммуникационной сети.

Объединение кабельных инфраструктур сети передачи данных и телефонной связи позволит заметно сократить расходы на их повседневное обслуживание. Однако не стоит забывать, что стоимость создания единой инфраструктуры, основой которой является СКС, гораздо выше, нежели при традиционном подходе.

Стоимость станций УПАТС сравнима со стоимостью внедрения системы IP-телефонии. Но в дальнейшем – имеем значительную экономию в процессе эксплуатации: за счет централизации обслуживания, за счет снижения затрат на междугородные переговоры, а также уменьшения оплаты за услуги связи операторам.

На основе проведенного анализа современных корпоративных систем авторами предложены два возможных подхода к построению конвергентной сети: эволюционный и революционный. Революционный путь построения корпоративной сети связи на базе VoIP предполагает отказ от традиционной коммутации с помощью УАТС и внедрение IP-PBX (IP-УАТС). Эволюционный путь внедрения VoIP в корпоративные системы связи (КСС) предполагает расширение возможностей уже существующих УАТС путем установки в нее модулей VoIP или дополнительных автономных устройств (шлюзов VoIP). В этом случае внедрение технологий VoIP в КСС обеспечивает решение ряда конкретных текущих задач (развитие сети и снижение затрат).

В итоге достигается оптимизация корпоративных систем связи за счет применения современных технологий — такой подход позволяет создать конвергентную систему, способную легко интегрироваться как в традиционную телефонную сеть, так и в сеть VoIP.



## ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА СЕТИ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Толбатов В.А., *доцент*; Мамонтов В.Г., *студент*

Вопросы качества обслуживания – одни из наиболее актуальных при предоставлении любых услуг связи, так как при этом сталкиваются интересы поставщиков и потребителей услуг. И задача оператора сети связи – найти оптимальное решение для удовлетворения как собственных интересов, так и интересов потребителей услуг.

Цель работы – анализ параметров качества сети IP-телефонии для повышения эффективности использования IP каналов.

Основные термины и определения в области качества обслуживания на сетях связи, имеющие общий характер и не относящиеся к отдельным службам или типам оборудования, приведены в рекомендации ITU-T E.800. Конкретные показатели качества обслуживания в рекомендации E.800 относятся в основном к сетям с коммутацией каналов. Тем не менее, на основе общих рекомендаций по качеству обслуживания можно разработать конкретные подходы в разных областях электросвязи, в том числе и в области IP-телефонии.

Традиционно IP-трафик передается по методу “best effort” – “лучший из возможных”. В этом случае не гарантируется ни проверка готовности сети обеспечить поток данных сетевыми ресурсами, ни приоритезация. Неважно, к какому типу трафика относятся информационные пакеты (голос, видео, FTP и т.д.), они обрабатываются по принципу “первый пришел – первый получил обслуживание”. Очевидно, что эта модель не подходит для передачи трафика со специфическими требованиями к задержке, производительности или надежности передачи данных, к которым относится IP-телефония.

Качество связи можно оценить, используя следующие основные характеристики:

- уровень искажения голоса;
- частота "пропадания" голосовых пакетов;
- время задержки (между произнесением фразы первого абонента и моментом, когда она будет услышана вторым абонентом).

Качество связи по всем перечисленным характеристикам значительно увеличилось в сравнении с первыми версиями решений IP-телефонии, которые допускали искажение и прерывание речи. Улучшение кодирования голоса и восстановление потерянных пакетов позволило достичь уровня, когда речь понимается абонентами настолько хорошо, что собеседники не догадываются, что соединение происходит по технологии IP-телефонии. Понятно, что задержки влияют на темп беседы.

Известно, что для человека задержка до 250 миллисекунд практически незаметна. Существующие на сегодняшний день решения IP-телефонии не превышают этот предел.

Кроме этого, задержки уменьшаются благодаря следующим трем факторам:

- Во-первых, совершенствуются телефонные серверы (их разработчики борются с задержками, улучшая алгоритмы работы).
- Во-вторых, развиваются частные (корпоративные) сети (их владельцы могут контролировать ширину полосы пропускания и, следовательно, величины задержки).
- В-третьих, развивается сама сеть Интернет – современный Интернет не был рассчитан на коммуникации в режиме реального времени. The Internet Engineering Task Force (IETF) вместе с операторами сетей Интернет предлагают новые технологии, такие, как Reservation Protocol (RSVP), которые позволяют резервировать полосу пропускания.

Хотя причины обеспечения качества услуг в сетях IP-телефонии взаимосвязаны, на основе проделанного анализа авторами выделены четыре основные независимые составляющие, обеспечивающие более эффективное использование IP каналов. Эти параметры в настоящее время могут контролироваться оборудованием сетей IP-телефонии:

- Задержка речевых пакетов.
- Джиттер задержки пакетов.
- Потери речевых пакетов.
- Готовность сети. Под готовностью сети (service availability) понимается надежность соединения пользователя с информационным сервисом.

## МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОШИБОК ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ

Голбатов А.В., *ассистент*; Сырицына Т.М., *студентка*

В реальных условиях приём информации всегда происходит с ошибками. Ошибки могут возникать из-за помех, действующих в канале связи, изменения за время передачи характеристик канала, снижения уровня передачи, нестабильности амплитудно- и фазочастотных характеристик канала и т.п.

Цель работы – анализ современных методов защиты информации в системах сбора, обработки и передачи информации.

Помехоустойчивостью называется способность системы осуществлять прием информации в условиях наличия помех в линии связи. Помехой называется стороннее возмущение, действующее в системе и препятствующее правильному приему сигналов.

Помехи бывают промышленные и атмосферные, закономерные и случайные, внутренние и внешние.

Перечисленные помехи называются внешними. Внутренние помехи создаются приемно-передающей аппаратурой и устраняются как конструктивными, так и схемными решениями.

Общепринятым критерием оценки качества передачи в дискретных каналах является нормированная на знак или символ допустимая вероятность ошибки для данного вида сообщений.

Для обеспечения таких значений вероятностей основной мерой является применение специальных методов для повышения качества приёма передаваемой информации.

К ним относятся методы обнаружения и исправления ошибок, основанные на искусственном введении избыточности в передаваемое сообщение. Для повышения качества приёма идут по пути увеличения времени передачи и используют следующие основные способы:

- многократная передача кодовых комбинаций;
- одновременная передача кодовой комбинации по нескольким параллельно работающим каналам;
- помехоустойчивое (корректирующее) кодирование, т.е. использование кодов, исправляющих ошибки.

Избыточные коды – одно из наиболее эффективных средств обеспечения высокой достоверности, передаваемых и принимаемых

сообщений. Так как, наиболее целесообразно избыточность используется при применении корректирующих кодов (КК).

Внесение избыточности при использовании КК обязательно связано с увеличением числа разрядов (длины) кодовой комбинации. Таким образом, всё множество комбинаций можно разбить на два подмножества: подмножество разрешённых комбинаций и подмножество запрещённых комбинаций.

КК отличается от обычного тем, что в канал передаются не все кодовые комбинации, которые можно сформировать из имеющегося числа разрядов, а только подмножество разрешённых комбинаций.

Если при приёме выясняется, что кодовая комбинация принадлежит к запрещённым, то это свидетельствует о наличии ошибок в комбинации, таким образом, решается задача обнаружения ошибок. При этом принятая комбинация не декодируется.

Правила составления кодовых комбинаций (коды) и сами кодовые комбинации могут иметь различные характеристики.

К основным характеристикам КК относятся:

1. число разрешённых и запрещённых кодовых комбинаций;
2. избыточность кода (показывает, какую часть общего числа символов составляют информационные символы);
3. минимальное кодовое расстояние (расстояние при котором возможно обнаружение и/или исправление ошибок);
4. число обнаруживаемых или исправляемых ошибок (при обнаружении и/или исправлении большего числа ошибок минимальное кодовое расстояние увеличивается);
5. корректирующие возможности кодов.

Оптимальность кода – свойство такого кода, который обеспечивает наименьшую вероятность не обнаружения ошибки среди всех кодов той же длины и избыточности.

Для обеспечения заданной скорости передачи требуется код с минимально необходимым числом проверочных разрядов.

В результате проведенных исследований наиболее рациональными следует считать системы передачи информации, в которых избыточные коды используются только для обнаружения ошибок. В реальных каналах часто наблюдаются пачки ошибок для исправления, которых потребовался бы код с длиной кодовой комбинации, измеряемой тысячами разрядов, что технически трудно осуществимо.

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ КЛАССА ERP

**Толбатов С.В., студент**

На современном предприятии как объекте автоматизации, условно можно выделить две группы управленческих задач: производственные и административные.

Цель работы – анализ использования и пути внедрения современных систем управления ресурсами предприятия.

Первая группа относится строго к производственной деятельности предприятия, а вторая – к административно-хозяйственной. Системы управления производством называются автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП), а системы управления административно-хозяйственной деятельностью – автоматизированными системами управления предприятием (АСУП).

В отличие от систем первой группы, имеющих важное значение только для предприятий с технологическими производственными структурами, решения второй группы потенциально могут применяться на всех предприятиях. Такие системы относятся к классу систем ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия). Термин «ERP-система» (Enterprise Resource Planning — Управление ресурсами предприятия) может употребляться в двух значениях. Во-первых, это — информационная система для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов. Во-вторых (в более общем контексте), это — методология эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства, дистрибьюции и оказания услуг. Таким образом, термин ERP может означать не только информационную систему, но и соответствующую методологию управления, реализуемую и поддерживаемую этой информационной системой.

ERP системы внедряются для того, чтобы объединить все подразделения компании и все необходимые функции в одной компьютерной системе, которая будет обслуживать текущие потребности этих подразделений.

ERP система автоматизирует задачи, встроенные в выполнение бизнес-процессов. При получении заказа от потребителя менеджер имеет всю информацию об отношениях с заказчиком и его кредитный рейтинг. Когда одно подразделение заканчивает работать с заказом, тот автоматически передается в следующее подразделение. При этом исключаются

многократные ошибки ввода информации, потери документов и т.п. В итоге заказы обрабатываются быстрее и без ошибок. Аналогичные возможности возникают у многих других служб – службы персонала, производственного отдела, отдела маркетинга, службы снабжения. Единая информационная база позволяет учитывать взаимосвязь отдельных процессов, как, например, загрузка заказами на текущий месяц и график отпусков.

Внедрение закрытых ERP систем предполагает изменение внутренних процедур в компании, а также изменения в работе ее сотрудников. В связи со сложностью проекта сроки внедрения систем подобного рода достаточно большие (2-3 года). Другие же ERP системы (более гибкие) можно с легкостью подстроить под работу сотрудников компании. Внедрение такой ERP системы займет от 6 до 18 месяцев.

Согласно проведенного анализа автором предлагается производить выбор ERP системы по следующим критериям:

1. *Стандартизация производственных процессов.* Производственные компании, особенно те, у которых много подразделений, географически удаленных, расположенных в разных странах и на разных континентах, осознают, что отдельные подразделения могут пользоваться разными методами учета, разными компьютерными системами, так что не всегда концы сходятся с концами. Объединенная система позволяет сократить персонал и унифицировать учетные процессы. Развитие Internet обеспечивает простой доступ к данным из любого, самого удаленного места. Кроме того, когда производство конечного продукта раздроблено на производство комплектующих в разных местах, не менее важно обеспечить техническую совместимость, единство методов контроля, своевременность поставок партий сырья, заготовок, комплектующих.

2. *Стандартизация информации в системе кадров.* ERP система с успехом решает задачи объединения данных о персонале в различных подразделениях -кадровый подбор, перспективы роста, переподготовка и т.п. С помощью системы облегчается возможность связи с каждым сотрудником. Фактически ERP системы являются своеобразным компьютерным представлением способов ведения бизнеса различными компаниями. Каждая отрасль промышленности имеет свои особенности, поэтому разработчики систем ориентируют их на применение в различных областях, где их возможности будут проявлены максимально.

По результатам проведенного исследования обоснована современная структура модели ERP, которая включает в себя следующие подсистемы: управления запасами; управления снабжением; управления сбытом; управления производством и планированием; управления сервисным обслуживанием; управления цепочками поставок; управления финансами.

## ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИБЕЗЕРВУВАННІ СИСТЕМИ

Журавльов О.Ю., доцент; Толбатов С.В., студент

Працездатність систем без резервування вимагає працездатності всіх елементів системи. У складних технічних пристроях без резервування ніколи не вдається досягти високої надійності, навіть якщо використовувати елементи з високими показниками безвідмовності.

Система з резервуванням – це система з надлишковістю елементів, тобто з резервними складовими, що є надлишковими по відношенню до мінімально необхідної (основної) структури і виконують ті ж функції, що і основні елементи.

У системах з резервуванням працездатність забезпечується до тих пір, поки для заміни основних елементів, що відмовили, є в наявності резервні.

За видами резервування підрозділяють на:

- пасивне (навантажене) – резервні елементи функціонують нарівні з основними (постійно ввімкнені в роботу);
- активне (ненавантажене) – резервні елементи вводяться в роботу тільки після відмови основних елементів (резервування заміщенням).

Розглядається система, що складається з одного основного і  $(n - 1)$  резервних елементів.

За умови, що відмови елементів незалежні, відмова системи відбувається тільки при відмові всіх  $n$  елементів.

При цілій кратності резервування  $k$  для системи з ідентичними елементами і експоненціальним напрацюванням до відмови

- ймовірність безвідмовної роботи системи:  
 $P_c(t) = 1 - (1 - \exp(-\lambda t))^{k+1}$ , де  $\lambda$  – інтенсивність відмов елементів;
- щільність розподілу ймовірностей системи:  
 $f_c(t) = -dP_c(t)/dt = (k + 1) \lambda (1 - \exp(-\lambda t))^k \exp(-\lambda t)$ ;
- інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_c(t) = f_c(t) / P_c(t) = \frac{(k + 1) \lambda (1 - \exp(-\lambda \cdot t))^k \exp(-\lambda t)}{1 - (1 - \exp(-\lambda \cdot t))^{k+1}}$$

Вважаючи елементи системи високонадійними, тобто  $\lambda t \ll 1$  ( $P(t) \approx 1 - \lambda t$ ), отримані спрощені вирази:

- ймовірність безвідмовної роботи системи:

$$P_c(t) \approx 1 - (\lambda t)^{k+1}; \tag{1}$$

- щільність розподілу ймовірностей системи:

$$f_c(t) \approx (k + 1) \lambda^{k+1} t^k; \tag{2}$$

- інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_c(t) \approx \frac{(k+1)\lambda^{k+1}t^k}{1-(\lambda \cdot t)^{k+1}}. \quad (3)$$

Але оскільки  $\lambda t \ll 1$ , то  $(\lambda t)^{k+1} \rightarrow 0$ , тому інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_c(t) \approx (k+1)\lambda^{k+1}t^k = n \cdot \lambda^n \cdot t^{n-1}, \quad (4)$$

де  $n = k + 1$ .

Отриманий вираз  $\lambda_c(t)$  свідчить про те, що при  $\lambda = \text{const}$  елементів, інтенсивність відмови системи залежить від напрацювання, тобто розподіл напрацювання до відмови системи не підпорядковується експоненціальному розподілу.

Оскільки середнє напрацювання до відмови системи при ідентичних елементах ( $\lambda = \text{const}$ ):

$$T_{0C} = 1/\lambda \cdot \sum_{i=1}^n (1/i) = 1/\lambda \cdot \sum_{i=1}^{k+1} (1/i) = 1/\lambda (1 + 1/2 + \dots + 1/(k+1)), \quad (5)$$

то виграш у середньому напрацюванні  $T_{0C}$  знижується по мірі збільшення кратності резервування.

Наприклад: при  $k = 1$

$$T_{0C} = T_0 (1 + 1/2) = 3/2 T_0$$

(збільшення  $T_{0C}$  на 50%);

при  $k = 2$

$$T_{0C} = T_0 \cdot (1 + 1/2 + 1/3) = 11/6 T_0$$

(збільшення  $T_{0C}$  на 83%);

при  $k = 3$

$$T_{0C} = 25/12 T_0$$

(збільшення  $T_{0C}$  на 108%);

при  $k = 4$

$$T_{0C} = 137/60 T_0$$

(збільшення  $T_{0C}$  на 128%).

Таким чином, динаміка зростання  $T_{0C}$  складає: 50, 33 і 25%, тобто зменшується. Отже збільшення кількості резервних елементів системи призводить до значного підвищення вартості останньої, при цьому виграш у середньому напрацюванні системи є незначним (при використанні чотирьох резервних елементів він становить лише 128%, тобто збільшується майже вдвічі). Використовуючи формулу (5), та визначаючи вартість системи в залежності від кількості надлишкових елементів при резервуванні, маємо змогу побудувати оптимальну за кратністю резервування систему в залежності від мінімально необхідних вимог щодо надійності останньої.



## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ НА ОДЕССКОМ ПРИПОРТОВОМ ЗВОДЕ

Момот С.Н., *студент*; Павлов А.В., *доцент*

На сегодняшний день углекислота является важным продуктом на рынке Украины и мира. Она применяется в производстве, сварочных работах, в машиностроении, кораблестроении, в пищевой промышленности, в частности, при производстве минеральных и сладких газированных вод, а также в медицине.

Цех производства жидкой углекислоты ОПЗ состоит из 4-х компрессоров, блоков осушки, конденсатора, холодильных установок, емкостей для хранения готовой продукции и других устройств. Анализируя ТП было выявлено что основной сложностью в работе персонала является обеспечение непрерывного контроля за процессом производства, т.к. присутствует необходимость постоянно отслеживать показания множества датчиков давления, температуры, объемного расхода, уровня жидкости, массы и т.д. распределенных по цеху, и невозможно без использования специализированных АСУ, обеспечивающих контроль параметров с пульта управления операторов цеха. Plant Scape, которая является такой специализированной АСУ, используемой в цеху на сегодняшний день, позволяет дистанционно управлять технологическим оборудованием, контролировать параметры датчиков на производстве, выполнять функции автоматических производственных блокировок и предупредительной сигнализации, хранить исторические события, однако не имеет функции вывода трендов на мониторы операторов пульта управления в следствие того, что при ее разработке в 2000 году не была реализована полная совместимость с более новыми моделями контроллеров. В связи с этим была обоснована крайнюю необходимость введения более новой АСУ Exregion PKS, которая полностью справляется с функциями старой системы управления, может выводить тренды на мониторы пульта управления, а также может работать со всеми известными на сегодняшний день контроллерными устройствами и клапанами, используемыми на заводе.

Другой важной причиной введения Exregion является возможность непрерывного развития автоматизации производства, т.к. по иерархичности структура новой системы управления двухуровневая, строиться на основе распределённой архитектуры, соответствует магистрально-модульному принципу построения с сетевой организацией обмена информацией между устройствами, имеет распределённое программное обеспечение и базу данных.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУБЛИМАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКИХ БИОПРЕПАРАТОВ

Дяченко М.А., студент; Павлов А.В., доцент

Технология сублимационной сушки на Сумской биофабрике включает в себя замораживание, гранулирование, сублимационную сушку и тепловое досушивание объектов, направляемых на обработку. Поэтому основой технологической линии является сублимационная установка, состоящая из холодильной камеры, оснащенная системой производственного кондиционирования воздуха, позволяющую обезвоживать гранулированные материалы при отрицательных температурах, в зависимости от требуемой температуры сублимации.

Был проведен комплексный структурный анализ существующей в настоящее время на предприятии АСУ ТП сублимации с целью повышения уровня надежности управления технологическим процессом. Сопоставляя технические характеристики задействованных на всех уровнях управления устройств была обоснована необходимость замены ряда морально и физически устаревших приборов, а также средств автоматизации на более совершенные, в частности, обосновано включение в систему управления ТП программируемого промышленного контроллера ATmega16 фирмы Atmel, на который будут возложены основные функции управления процессом сублимации. Удалось выделить следующие структурные элементы АСУ ТП сублимационной установки: диспетчерский уровень, сетевой интерфейсный уровень, уровень контроллеров и модулей ввода-вывода, уровень датчиков и исполнительных механизмов. Подобная многоуровневая структурная система управления позволяет создавать запас в плане надежности, оперативности, ремонтоспособности системы автоматизации, при этом легко решается вопрос оптимального уровня централизации управления с минимальным количеством технологического контроля. Были сформулированы главные условия обеспечения надежности работы АСУ ТП, к которым можно отнести следующие мероприятия: обеспечение бесперебойного питания системы, обслуживание и эксплуатация системы на достаточном техническом уровне, проверка эффективности системы в течение производственного процесса путем периодической проверки ее производственных параметров. Относительно снижения энергоемкости данного технологического процесса при условии поддержания высокой точности температуры сублимации при атмосферном давлении принято решение обойтись одноступенчатыми холодильными машинами или вообще отказаться от холодильной техники в зимний период в рамках климатических условий нашего региона.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Щекотов А.М., *студент*

Системы водоснабжения относятся к числу наиболее ресурсоемких технологических объектов в коммунальном хозяйстве и промышленности. Крупнейшей составляющей ресурсоемкости является энергопотребление. Актуальной является научно-техническая проблема снижения энергоемкости технологического процесса водоснабжения, которая решается двумя путями, первый из которых заключается в применении более совершенного технологического и электротехнического оборудования, а второй – в развитии систем автоматизации насосных станций с целью совершенствования процессов управления технологическим оборудованием и улучшения за счет этого экономических показателей функционирования системы водоснабжения. Общие принципы построения автоматизированных систем энергосберегающего управления водоснабжением в настоящее время не разработаны.

Проблема повышения энергоэффективности коммунальных систем водоснабжения требует решения задач разработки математических моделей технологической схемы насосной станции для решения задач энергосберегающего управления, методов энергосберегающего управления режимом работы технологического оборудования насосной станции, формирования технологического задания для насосной станции по критерию минимизации ущерба абонентов и системы водоснабжения, координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов насосной станции. Целью исследования является анализ функциональной структуры систем коммунального водоснабжения, что необходимо для подхода к решению этих задач.

Анализ современного состояния систем коммунального водоснабжения развитых стран показывает, что абонентские гидросети во многих случаях имеют компьютеризованные системы управления, интегрированные в системы автоматизации коммунального хозяйства зданий и обеспечивающие комфортные условия эксплуатации водораспределительного оборудования.

Методическая база построения автоматизированных систем энергосберегающего управления процессом водоснабжения на основе

новых информационных технологий управления проработана слабо. Поэтому необходимо провести совместный анализ технологической структуры системы водоснабжения и процессов управления с позиций системного подхода. Методология системного анализа признана в мире наиболее перспективной для создания систем управления сложными технологическими объектами. Следовательно, начиная с первого этапа разработки автоматизированной системы управления – анализа свойств объекта управления, на всех этапах необходимо использовать системный подход.

В докладе представлен анализ технологических структур системы водоснабжения города и территориальных зон. Показано, что процесс управления любой системой водоснабжения распадается на процессы управления водоснабжением территориальных зон. Особенность состоит лишь в том, что в случае независимой работы насосных станций процессы управления отдельными системами водоснабжения территориальных зон являются независимыми, а в случае работы насосных станций на общую магистральную гидросеть — зависимыми. Предложено распределение функций управления в системе водоснабжения.

Основными потребителями электроэнергии являются насосные станции. В системах коммунального водоснабжения имеют место суточные, недельные и сезонные колебания водопотребления, вследствие чего рабочие режимы насосных агрегатов оказываются вне рабочих зон их характеристик, что приводит к необходимости регулирования подачи и давления средствами регулируемого электропривода, так как возможности других способов исчерпаны.

Фактором, сдерживающим внедрение энергосберегающих технологий водоснабжения, является недостаточный уровень автоматизации. Повысить экономическую эффективность функционирования систем водоснабжения можно за счет совершенствования методов управления на основе современных информационных технологий и средств компьютерной техники. Эффективное решение этой проблемы достигается в трехуровневой системе управления, включающей компьютеризованные подсистемы формирования технологического задания для насосной станции, управления режимом работы технологического оборудования насосной станции и регулируемые насосными агрегатами с целью оптимизации к.п.д. насосной станции.

Науковий керівник: доцент Черв'яков В.Д.

## ОПТИМАЛЬНЕ ЗА ЕНЕРГОВИТРАТАМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ В ЗАДАЧАХ ЗМІНЕННЯ МОМЕНТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Бережной О.І., студент

Актуальною проблемою теорії та практики автоматизованого електроприводу є підвищення енергоефективності електромеханічних систем (ЕМС) за рахунок зниження втрат енергії в енергетичному каналі електропривода. В цієї роботі розглянуті умови змінення математичної моделі ЕМС та теоретично обґрунтовані закони оптимального за енерговитратами управління в задачах змінення прискорення або електромагнітного моменту електродвигуна.

У роботі розглянуті фізичні аспекти роботи ЕМС в режимах, коли змінюється електромагнітний момент двигуна, на підставі чого здійснено математичне формулювання задач оптимального за енерговитратами управління. Розв'язання поставлених задач виконано за допомогою принципів екстремуму Понтрягіна.

Раніше [1,2] була вирішена задача оптимального управління системою першого порядку

$$\dot{x}_1(\tau) = u(\tau),$$

де  $x_1$  – прискорення,  $u$  – ривок,  $\tau$  – час у відносних одиницях, при її "нерухомому стані", з результатом

$$u(\tau) = \dot{\mu}_{don} \operatorname{sign}(\mu(\theta) - \mu(0)),$$

при якому функція Понтрягіна

$$H = \mp u_{don} x_1^2(\tau) + x_1^2(\tau) u_{don} \operatorname{sign}(x_{1\theta} - x_{10}) = 0, \tau \in [0, \theta]$$

де знаки "-" і "+" відносяться до випадків  $x_{1\theta} > x_{10}$  і  $x_{1\theta} < x_{10}$  відповідно.

Не менш часто ставиться задача змінення прискорення від початкового значення  $\dot{v}(0)$  до кінцевого  $\dot{v}(\theta)$  при "рухомому" стані ЕМС на всьому інтервалі часу  $\tau \in [0, \theta]$  руху системи. Ця задача зводиться до задачі змінення електромагнітного моменту двигуна від початкового значення  $\mu(0) = \mu_0 = \dot{v}(0) + \mu_c$  до кінцевого  $\mu(\theta) = \mu_\theta =$

$\dot{\nu}(\theta) + \mu_c$ , так само як при "нерухомому" стані.

Це означає, що в даній задачі управління ЕМС математична постановка буде такою: перевести одновірну систему из початкового стану  $x_1(0) = x_{10}$  в кінцевий  $x_1(\theta) = x_{1\theta}$  за невизначений час  $\theta$ . Однак при постановці другої практичної задачі необхідно мати впевненість, що на всьому інтервалі часу  $\tau \in [0, \theta]$  руху системи виключається потрапляння ЕМС в "нерухомий" стан. У другій задачі оптимальне по утратах енергії управління не завжди буде одночасно і оптимальним за енерговитратами, оскільки мають місце також витрати механічної енергії на подолання сил статичного опору.

У роботі доведено, що в будь-яких практичних задачах змінення електромагнітного моменту від початкового  $\mu(0)$  до кінцевого  $\mu(\theta)$  значення, незалежно від знаходження електропривода в "рухомому" або "нерухомому" стані та регламентації величини переміщення робочого органу технологічної машини в перехідному процесі, частиною якого є процес змінення електромагнітного моменту двигуна, оптимальним за енерговитратами є управління, оптимальне за швидкістю з урахуванням обмеження величини похідної електромагнітного моменту.

Результати у вигляді законів оптимального формування електромагнітного моменту електродвигуна в часі можуть застосовуватись в системах автоматичного управління електроприводами механізмів пересування технологічних машин для зниження енергоємності технологічних процесів.

1. Бережной О.І., Щокотова І.В. Оптимальне за енерговитратами формування закону змінення прискорення одномасової електромеханічної системи.// Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету.– Суми: Вид-во СумДУ, 2008.– С.30.
2. Оптимальне за енерговитратами формування моменту електродвигуна при нерухомому стані електромеханічної системи. І.В.Щокотова, О.І.Бережной, А.М.Щокотов // Вісник Сумськ. держ. ун-ту, 2008, №2.– С. 13-20.

Науковий керівник: інженер Щокотова І.В.

## МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ В ЗАСОБАХ СИСТЕМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Москаленко В.В., *студент*; Войченко Г.І., *доцент*

Аналіз складу типової системи управління об'єктом, та процесів, що в ній відбуваються, показує, що можна виділити наступні характерні для неї функції: багатоканальний збір даних про об'єкт (мультиплексування каналів); нормалізація сигналів; АЦП-/ЦАП-перетворення; математична обробка (централізована або розподілена); відображення інформації у формі, зручній для сприйняття оператором, або для передачі до інших технічних засобів та інші. З метою зниження собівартості розробки систем автоматизації доцільно їх проектування виконувати на основі використання сучасних мікроконтролерів.

Метою роботи є аналіз сучасного ринку мікроконтролерів з врахуванням їх функціональних можливостей щодо вирішення згаданих типових функцій систем автоматизації. При підготовці роботи проведений огляд мікроконтролерів провідних світових виробників на основі даних, опублікованих в спеціальній літературі і мережі Internet, сформульовані критерії вибору контролерів. Серед них: функціональна повнота аналогової і цифрової частини, сумісність по системі команд з розповсюдженим сімейством MCS-51, економічність, рівень власних електромагнітних завод.

В ході роботи встановлені кількісні показники індексу популярності сучасних мікроконтролерів різних виробників та архітектур, визначені тенденції ринку мікроконтролерів, динаміка їх продажу. Також проведений порівняльний аналіз рівня електромагнітних завод, що створюються мікроконтролерами. Цей показник набуває особливої актуальності для пристроїв контролю об'єктів з сигналами низького рівня. Проведений аналіз можливостей оптимізації архітектур до високорівневої мови програмування, дана оцінка ефективності відповідних компіляторів. По сукупності всіх показників зроблено висновок про перевагу 32-розрядних мікроконтролерів.

Отримані результати будуть корисними при реалізації проектів автоматизації виробництв, що можуть виконуватися, зокрема, в Сумському держуніверситеті силами викладачів і студентів.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТАХОГРАМИ ЗВОРОТНОГО ХОДУ ЛЕТУЧОЇ ПИЛИ

Доброжан О.А., *студент*; Панич А.О., *ст. викладач*

Летучі пили використовуються в технологічних лініях для мірного порізу довгомірних матеріалів, що рухаються (наприклад, труби, сортовий прокат, гнуті профілі, деревні плити). Летуча пила має у своєму складі декілька виконавчих механізмів, серед яких важливе місце займає несучий орган. На ньому розташовані інші механізми, що безпосередньо виконують операції порізу. Енерговитрати летучої пили у робочому циклі й точність порізу оброблюваного виробу переважно визначаються законами руху несучого органу. Робочий цикл електроприводу несучого органу містить періоди робочого та зворотного ходу. Через наявність ділянок розгону та гальмування зворотний хід електроприводу несучого органу характеризується значною енергоємністю. Це визначає актуальність задачі дослідження електроприводу несучого органу летучої пили, з метою покращення його енергоефективності, а саме оптимізації тахограми зворотного ходу енергозберігаючого електроприводу несучого органу летучої пили.

При вирішенні поставленої задачі визначена математична модель електроприводу несучого органу летучої пили, обраний технічно оптимальний закон керування електроприводом з лінійними законами зміни швидкості. Для вибраного оптимального закону руху електроприводу поставлена задача визначення параметрів тахограми, які мінімізують енерговитрати, яка сформульована як задача нелінійного програмування. В результаті вирішення поставленої задачі методом множників Лагранжа встановлено, що для електроприводу несучого органу летучої пили оптимальними по енергозатратах можна визнати симетричні тахограми зворотного ходу. Причому, в залежності від необхідної швидкості зворотного ходу, використовуються тахограми, які складаються з трьох рівних по часу відрізків – розгону, руху з постійною швидкістю та гальмування, або менш ефективних тахограм з такою тривалістю середньої ділянки, що не дорівнює рівним між собою тривалостям крайніх ділянок.

Отримані результати можуть бути використані для існуючих та розроблюваних електроприводів несучих органів летучих пил, а також позиційних електроприводів та машин зі схожими робочими циклами.



## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗМАГАНЬ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ТА МЕХАТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Погарський М.В., *студент*; Курилова Н.В., *студент*;  
Панич А.О., *ст. викладач*

Історія робототехніки та мехатроніки налічує вже не один десяток років. Значний поштовх їх розвитку останнім часом надали прогрес у електронній та мікропроцесорній техніці. Мехатронні та робототехнічні пристрої все ширше використовуються у виробництві, медицині, наукових дослідженнях, на транспорті, у побуті. Все більше фірм, університетів, наукових установ залучається до розробки та виготовлення такої техніки. Підвищенню інтересу все більшої кількості людей, в тому числі молоді, сприяють різноманітні освітні ресурси, перш за все сайти Інтернет, а також виставки, презентації та змагання. Змагання дозволяють відібрати кращі рішення, залучити нових дослідників до розробок, та, як підсумок, прискорити розвиток. Вони, як правило, відкриті, підтримуються солідними спонсорами та мають помітний призовий фонд. Метою роботи є дослідження існуючих змагань, визначення апаратних та програмних засобів, необхідних для участі.

Аналіз джерел інформації показує, що існуючі змагання можна поділити за рівнем складності використовуваних пристроїв та відповідних матеріальних затратах. Також розрізняються задачі, які ставляться перед роботами. Наприклад, для змагань "Керлінг", "Сумо" можуть використовуватися досить прості роботи, системи управління яких можуть бути побудовані, наприклад, на базі мікроконтролера AVR. Окремо можна виділити змагання частково або повністю керованих автомобілів, наприклад RC Race та RC NASCAR. Участь у змаганнях такого рівня приймають, як правило, команди університетів. Існує також можливість участі у віртуальних змаганнях, наприклад можна приєднатися до проекту RoboChamps, що підтримується фірмою Microsoft. Цей варіант не вимагає матеріальних затрат на апаратну частину роботи, необхідне програмне забезпечення доступне у безкоштовних версіях. При цьому основний упор робиться на розробку керуючих алгоритмів та програмного забезпечення роботи.

Отже, можна зробити висновок, що в наш час існує реальна можливість участі студентів у різноманітних змаганнях робототехнічних та мехатронних пристроїв, як самостійно, так і у складі команди. Крім всього іншого, це дозволить підняти якість навчання та науково-технічних розробок, сприятиме розширенню зв'язків між спеціалістами, сприятиме підвищенню авторитету навчального закладу.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МОБІЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Погарський М.В., *студент*; Сніжко А.А. *провідний фахівець*

Через значні витрати енергоресурсів, перш за все, сучасною промисловістю та транспортом, а також їх обмеженістю, в наш час значна увага приділяється проблемі енергоресурсозбереження. Для мобільних засобів розробляються та впроваджуються нові типи енергетичних установок та систем, що дозволяють значно заощаджувати витрати пального. Однією з таких систем є KERS (Kinetic Energy Recipe System), що являє собою систему рекуперації кінетичної енергії і потрібна для накопичення енергії, що втрачає автомобіль при гальмуванні і повернення її авто в необхідний час (підйом вгору, або розгін, коли двигун завантажений). Ідея KERS була запропонована ще Фердінандом Порше в 30-х роках ХХ ст. для тягачів надважких гаубиць. У 2000 р. вона була поновлена фірмою Toyota в моделі Prius SE-00. З появою бортового комп'ютера налагодження системи значно спрощено, а сама система відрізняється простотою і надійністю конструкції. Але до цих пір існує велика проблема по оптимізації балансу і пасивної безпеки через підвищену масу автомобіля і зміщення центру мас, що впливає на керованість. В 2009 р. ФІА включила у свій регламент гібридну систему, сподіваючись, що інвестиції, вкладені в боліди Формули 1, перетворяться у прогрес серед звичайних авто на дорогах. На даний момент існує дві фірми, що зробили системи для 9-ти з 11-ти команд (High Performance Engine та Magneti Marelli), і тільки у команд BMW та Williams є власні напрацювання. Всі команди використовують іонно-літєві блоки живлення і лише Вільямс використовує електронно-маховиковий метод.

У роботі досліджуються різні системи KERS, порівнюються їхні характеристики, конструктивні схеми та алгоритми роботи, переваги та недоліки, робляться висновки щодо перспектив розвитку та подальшого використання таких систем на транспорті та на інших машинах з навантаженими робочими циклами.

Результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі, при розробці мобільних систем та машин з рухомими робочими органами.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА БАЗІ СИНХРОННИХ МАШИН

Сніжко А.А., *провідний фахівець*

Останнім часом в промисловості дедалі активніше починають застосовуватись синхронні двигуни (СД), що пов'язано з появою доступних електроприводів (ЕП) для них. Найактивніше розвивається сегмент синхронних двигунів малої та середньої потужності з постійними магнітами на роторі оскільки для їх живлення потрібна напруга тільки одного типу – змінна. Деяко інакша ситуація з СД явнополюсної конструкції середніх і великих потужностей. Основним чинником, який сповільнює їх широке застосування є проблеми пуску і запуску таких машин, особливо в важких умовах. Зараз цю проблему вирішують збільшенням потужності СД, але в номінальному режимі машина працює недовантаженою, що знижує її ККД. Тож дуже важливо узагальнити і систематизувати основні досягнення і доробки науковців відносно цього питання в плані виявлення перспективних напрямів розвитку ЕП такого типу для його подальшого концептуального проектування.

Перспективний ЕП потужних СД повинен вирішувати задачі складності їх пуску і запуску, побудови ефективних систем живлення і збудження, які б забезпечували узгоджену роботу СД з мережею, згладжували б, а в ідеалі і повністю виключали, негативні наслідки комутації їх мереж живлення і перехідних процесів в моменти пуску. Пропоновані рішення зазначених задач розділяються на два напрямки:

- шляхом схемо технічних вдосконалень двигунів, введенням додаткових елементів в їх обмотки, таких як ємнісні накопичувачі, чи вдосконалень будови самих ЕП;
- вдосконалень і створення нових алгоритмів управління роботою силових елементів ЕП, застосування програмних регуляторів, їх налаштування на роботу в особливих режимах, розробка нових алгоритмів комутації силових елементів ЕП.

Метою введення подібних вдосконалень є покращення температурного режиму роботи як статорних обмоток, так і обмоток збудження, що дозволяє продовжується термін їх експлуатації, знизити витрати на обслуговування і забезпечується економія електроенергії.

Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ**  
**та програма**  
**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
викладачів, співробітників, аспірантів і студентів  
**ФАКУЛЬТЕТУ**  
**ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

21-24 квітня 2009 р.

Відповідальний за випуск в. о. декана ф-ту ЕлІТ	доцент	<b>С.І. Проценко</b>
Комп'ютерне верстання	доцента	<b>Т.В. Лютого</b>
Дизайн обкладинки	доцента	<b>Т.В. Лютого</b>
Редактор		<b>М.Я. Сагун</b>
Відповідальний редактор	доцент	<b>Т.В. Лютий</b>

Стиль та орфографія авторів збережені.

Підп. до друку 14.04.09 , поз.

Формат 60×84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Cug. Друк офс.

Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.

Тираж 100 пр.

Зам. №

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті  
40007, Суми, вул. Р.-Корсакова, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного  
реєстру ДК №3062 від 17.12.2007 р.

Надруковано в друкарні СумДУ  
40007, Суми, вул. Р.-Корсакова, 2

