

УДК 658.512.2

Гранат Петро, Теслюк Василь

АТЗТ «РІТЕК», ДУ «Львівська політехніка», кафедра систем  
автоматизованого проектування

## СИСТЕМА НАСКРІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ІС - «ПРОМІС»

©Гранат Петро, Теслюк Василь, 2000

В статті запропоновано систему для наскрізного проектування інтегральних схем (ІС) - «ПроМІС» (Програма моделювання інтегральних схем). Вона містить: підсистему моделювання технологічних маршрутів виготовлення ІС- «ПроМІС-Т»; підсистему моделювання фізичних процесів у техобладнанні виготовлення напівпровідникових приладів – «ПроМІС-О»; підсистему фізико-топологічного моделювання «ПроМІС-Ф» та програму MICRO-PC, яка призначена для аналізу електричних схем. Розроблена наскрізна система дає змогу прискорити та покращити якість проектування ІС.

Proposed a CAD “ProMIC” for complex design (CAD of simulation IC). This CAD includes: subsystem of simulation technological route of forming semiconductor IC, subsystem of simulation technological process in equipment and subsystem of simulation IC on component level. This system allows to reduce the design time and increase an efficiency of design IC.

Підвищення ступеня інтеграції і швидкодії ІС, покращання їх техніко-експлуатаційних характеристик, скорочення повного циклу впровадження нових виробів сьогодні визначається автоматизацією як проектування виробів, так і технологічним процесом їх виробництва.

Сучасний процес проектування ВІС та ЗВІС з використанням найпередовіших технологій потребує одночасної оптимізації технологічного процесу, приладу і схеми. Тому засоби САПР ІС є невід’ємною складовою виробництва мікросхем.

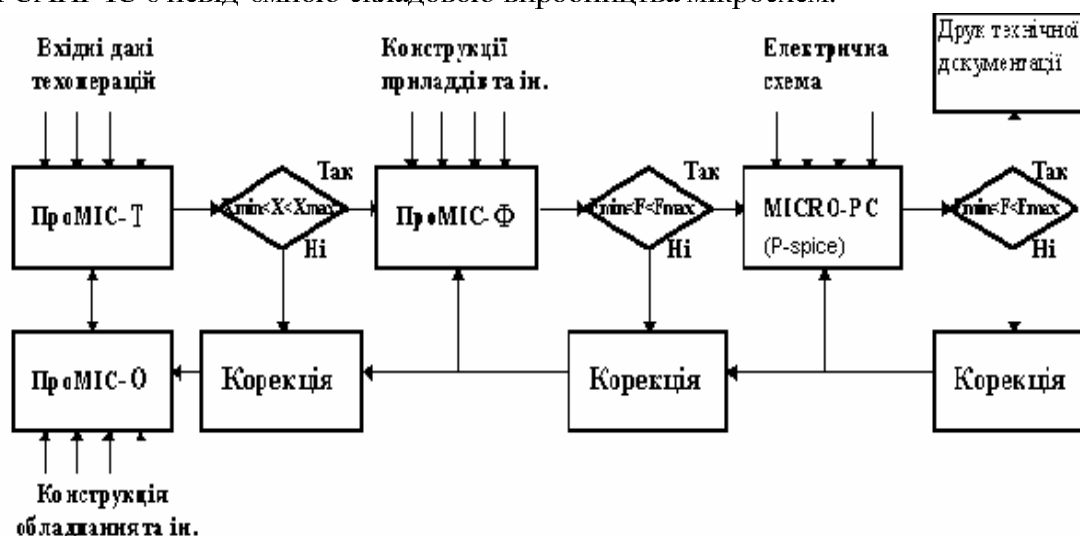


Рис.1 Наскрізна фізико-технологічна система проектування ІС.

В статті запропоновано систему наскрізного фізико-технологічного проектування ІС – «ПроМІС», яка дає змогу значно прискорити проектування інтегральних приладів та зменшити матеріальні і часові витрати на технологічну доробку техпроцесу виготовлення ІС. «ПроМІС» складається з трьох основних підсистем (рис.1):

- підсистеми моделювання технологічних маршрутів виготовлення ІС;
- підсистеми фізико-топологічного моделювання ІС;
- підсистеми моделювання електричних схем.

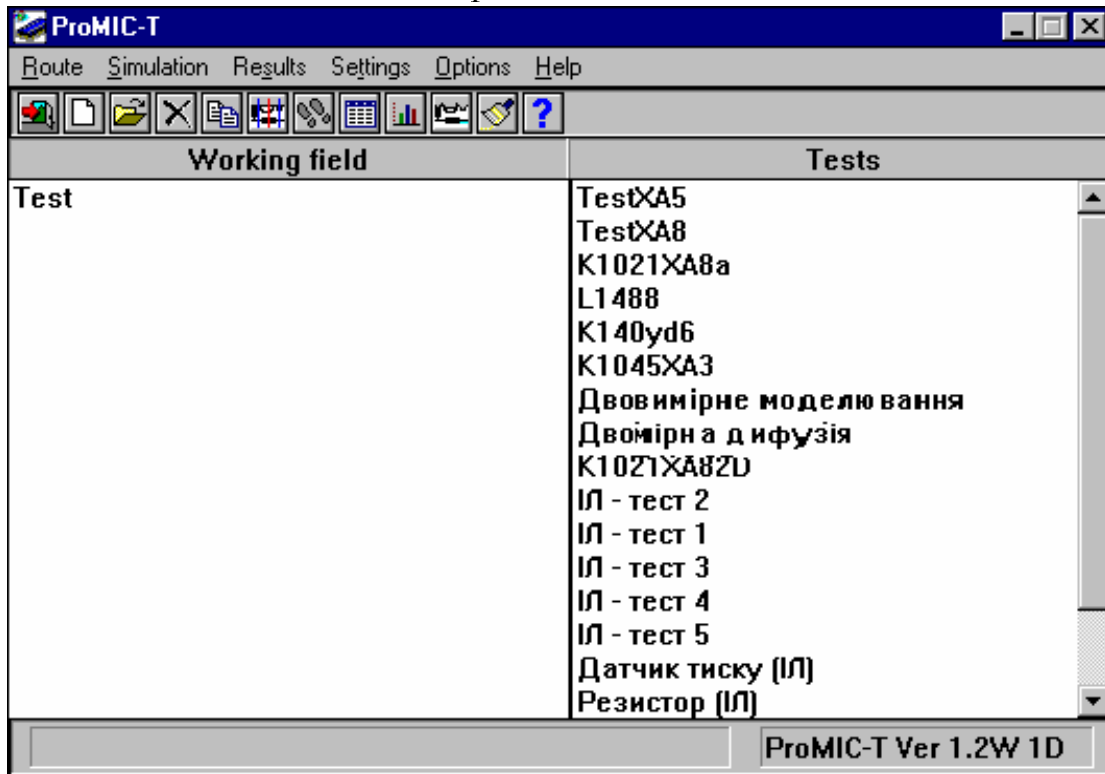


Рис.2 Основне меню підсистеми «ПроМІС-Т».

Підсистема моделювання техпроцесів виготовлення ІС (основне меню якої наведено на рис.2) призначена для визначення основних вихідних параметрів технологічного процесу, зокрема: профілі розподілу домішок в напівпровідникових структурах, поверхневі опори та глибини залягання р-n переходів, товщини окисних і епітаксійних плівок тощо. Реалізована дана підсистема за допомогою програми «ПроМІС-Т»[1,2], яка дає змогу проводити одно- та двовимірне моделювання технологічних маршрутів виготовлення біполярних, МОН, КМОН та КНІ приладів, а також окремих технологічних операцій[3,4,5]: дифузії, термічного відпалу, іонної імплантації, епітаксії, термічного окиснення та іонного травлення. Результати моделювання реальних технологічних маршрутів виготовлення ІС наведені на рис.3-5. Вхідними даними для даної підсистеми є параметри техпереходів (час, температура, тип домішки, окисник, енергія іонів, струм іонного променя, орієнтація напівпровідникової підкладки тощо). До підсистеми технологічного моделювання належить програма «ПроМІС-О»[6,7], яка призначена для аналізу основних фізичних параметрів в газовому середовищі техобладнання виготовлення ІС (розподіли швидкостей реагентів, розподіли концентрацій компонент, концентрації легуючих домішок біля поверхні напівпровідникової пластини, товщини боросилікатного і фосфоросилікатного скла тощо). Сумісне використання програм «ПроМІС-О» і «ПроМІС-Т» обумовлено тим, що при

сучасному виробництві інтегральних приладів фізичні процеси в обладнанні та в кристалі є надзвичайно взаємозалежними і таке поєднання дає змогу досліджувати вплив гідро- і газодинамічних процесів у обладнанні на вихідні контрольовані параметри техпроцесу. Вхідними параметрами підсистеми моделювання фізичних процесів у обладнанні є конструкція обладнання, витрати газів, температури тощо.

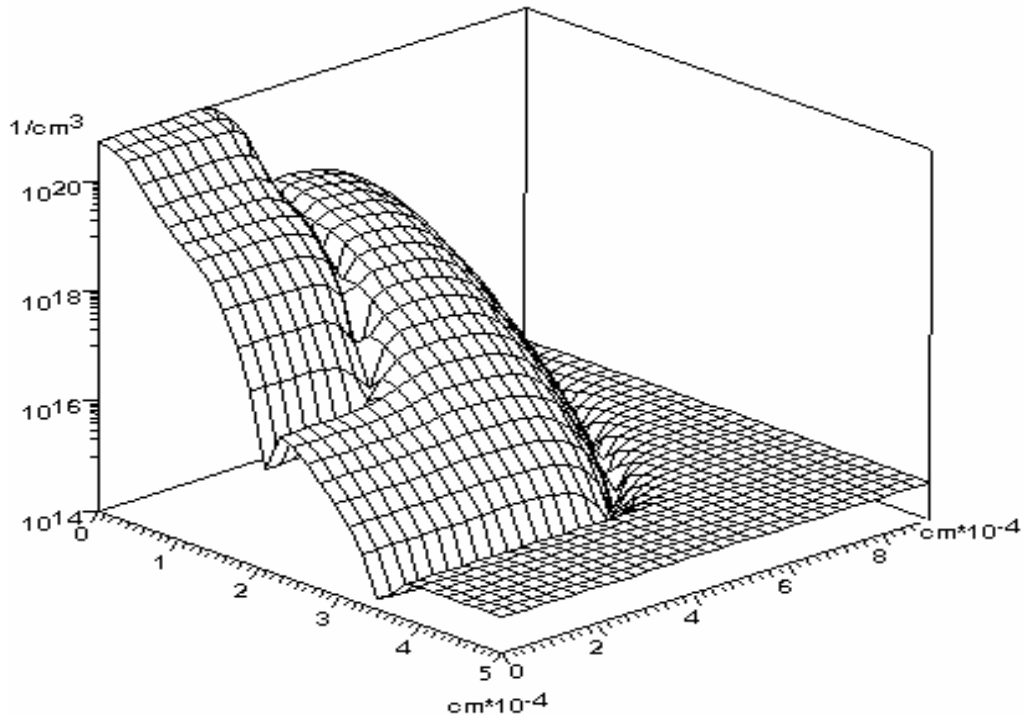


Рис.3. Розподіл фосфору та бору в емітерній та базовій областях виробу K1021XA8.

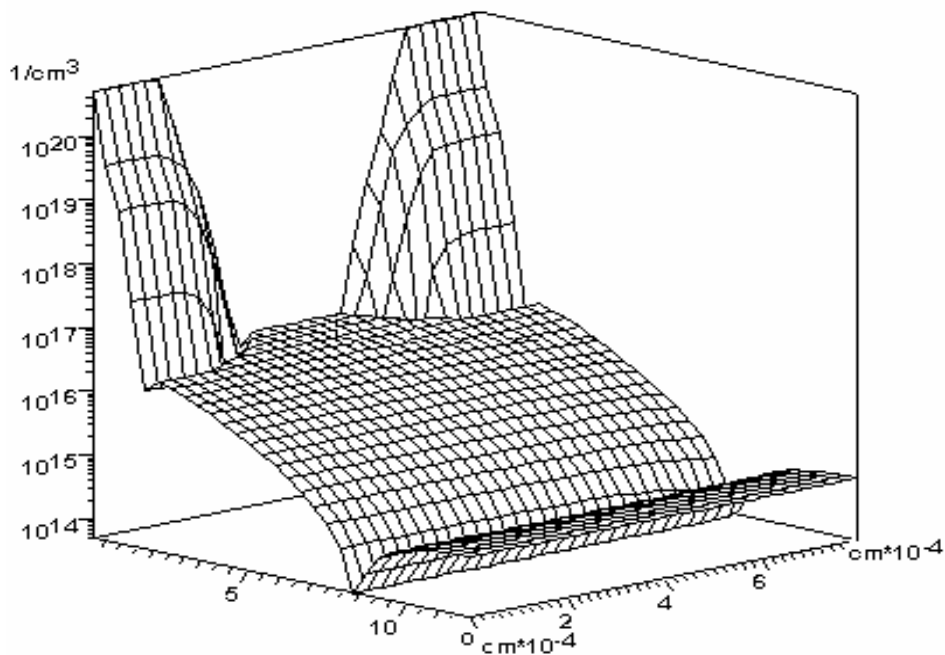


Рис.4. Двовимірний розподіл домішки в n-МОН транзисторі виробу KР1008ВЖ5.

### Моделювання товщини підзатворного окислу транзисторів виробу КР1008ВЖ5

ОКИСЛЕННЯ	Розмірність	Значення
Окисник	-	Кисень
Тиск	Атм	1.0
Процент хлору	%	0.5
Температура	град. С	1000.0
Час	сек.	2400.0
Товщина	см	1.0789436544e-05

Завершується робота підсистеми технологічного проектування виданням твердої копії, в якій наявні всі вхідні та вихідні параметри техпроцесу (частина таких даних наведена у таблиці) і переходом до фізико-топологічного моделювання[3,5]. Якщо вихідні технологічні параметри не задовольняють поставлені вимоги, вхідні дані коректуються з подальшим перерахунком всіх вихідних параметрів технологічного моделювання.

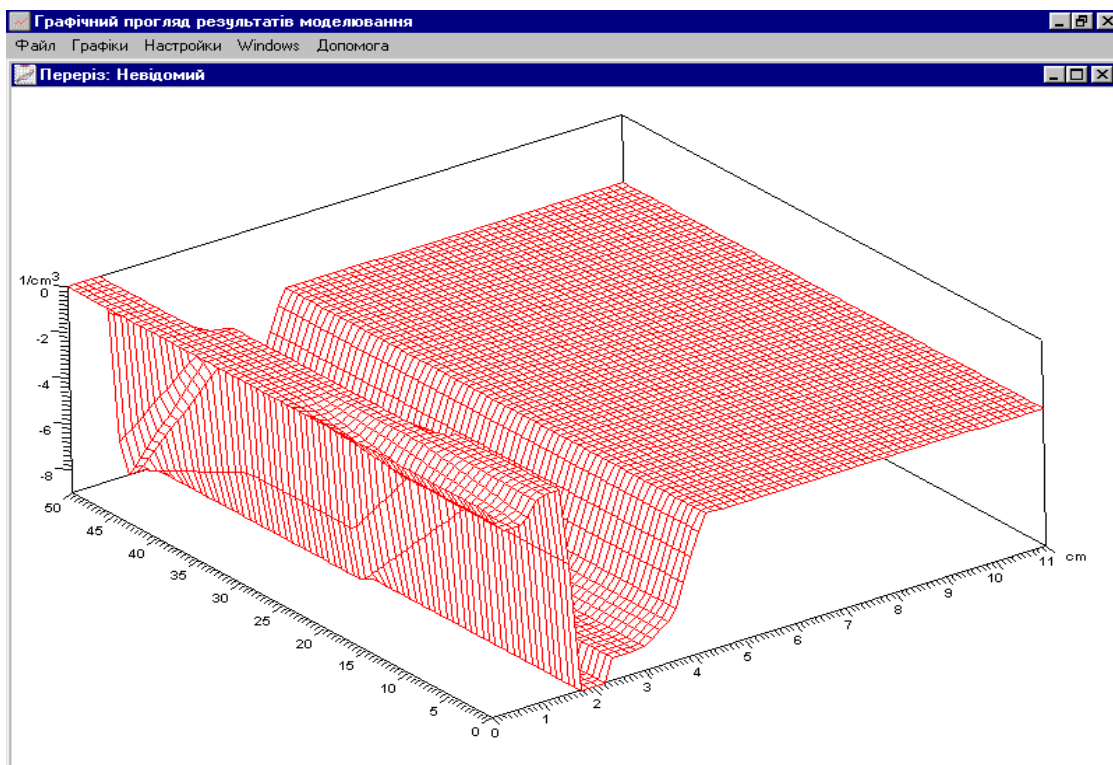


Рис.5. Розподіл концентрації електронів по структурі приладу.

Підсистема фізико-топологічного моделювання інтегральних елементів на основі інформації про профілі розподілу домішок в кристалі, товщини напівпровідникових шарів, основних електрофізичних параметрів кремнію та конструкції приладів дає змогу розрахувати основні електричні характеристики: розподіл концентрації електронів та дірок у структурі приладу, розподіл електростатичного потенціалу в структурі приладу, залежності струму колектора і бази від напруги на емітері, пробивні напруги, коефіцієнти підсилення транзисторів, ємності, опори тощо. За допомогою підсистеми «ПроМІС-Ф»[8] були виконані розрахунки, результати яких наведені на рис.5-7.

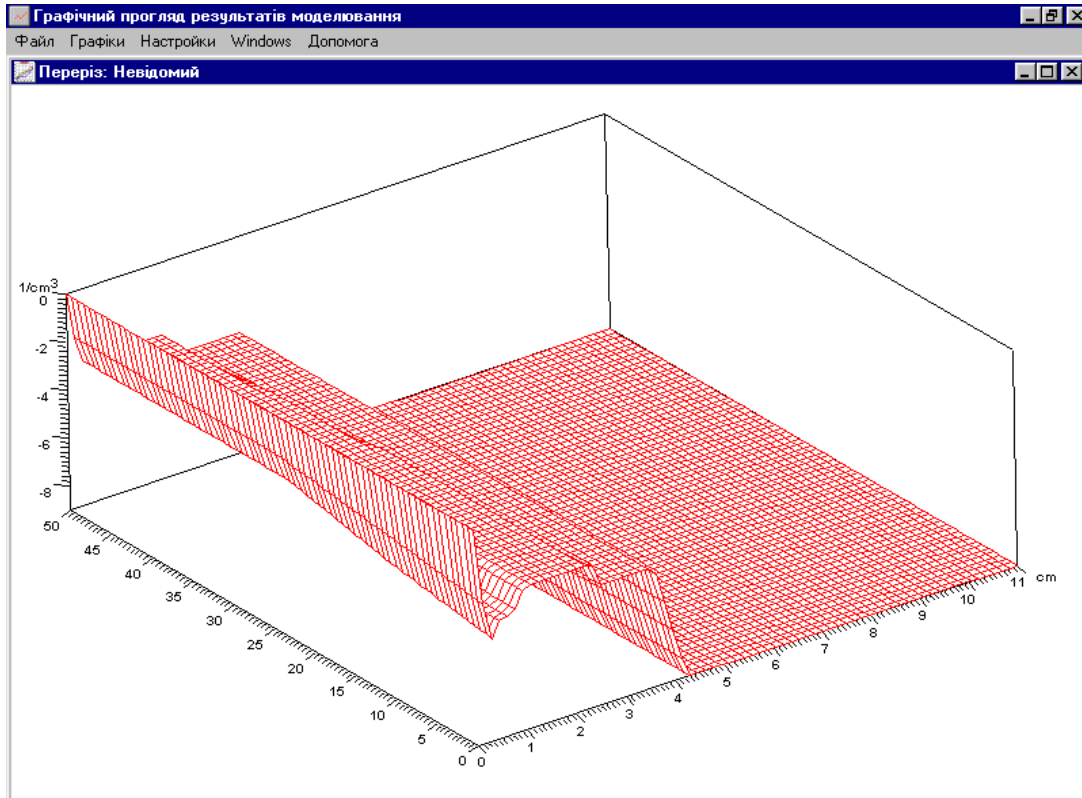


Рис.6. Розподіл концентрації дірок по структурі приладу.

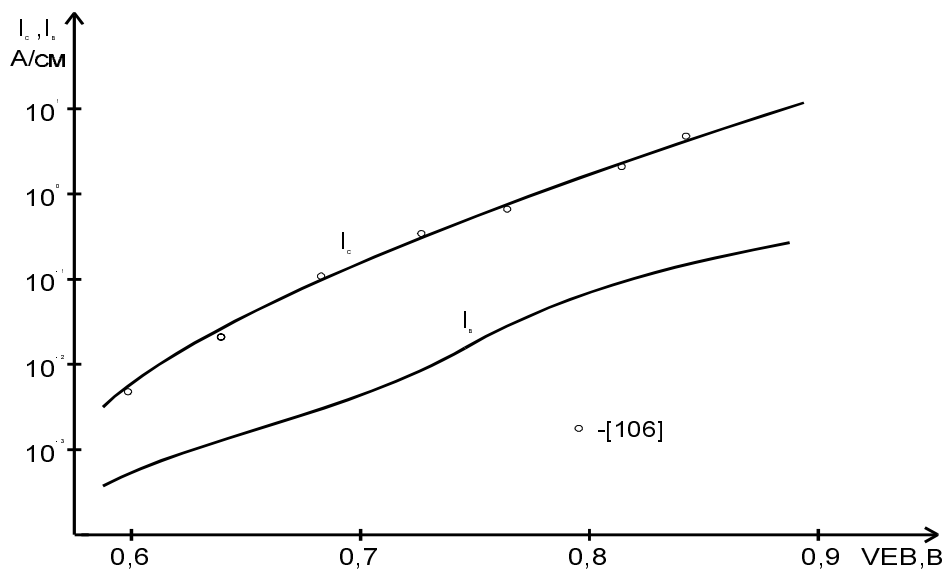


Рис.7. Залежність струму колектора і бази від напруги на емітері для біполярного транзистора.

Після фізико-топологічного моделювання аналізують отримані результати, і якщо вони не задовольняють поставлені вимоги, вхідні дані коректують на етапі фізико-топологічного моделювання, а за необхідності – і на етапі технологічного.

Під час схемотехнічного моделювання аналізують електричні схеми та визначають АЧХ, ФЧХ, коефіцієнти підсилення схеми, параметри фронтів імпульсів тощо. Основні функції схемотехнічного моделювання виконує програма MICRO-PC або P-spice.

Отже, запропонована система наскрізного фізико-технологічного проектування ІС дозволяє:

- прискорити проектування інтегральних схем, використовуючи засоби САПР;
- зменшити вартість розроблення, скоротивши матеріальні витрати на доробку технологічного маршруту виготовлення ІС;
- дослідити вплив первинних параметрів техпроцесу та конструкції інтегрального приладу на вихідні контрольовані параметри техпроцесу;
- дослідити кореляційні зв'язки між технологічними та електричними параметрами інтегральних елементів, що є надзвичайно актуальним при переході до виробництва ЗВІС і НВІС;
- підвищити якість, процент виходу придатних та конкурентоспроможність ІС, які проектують з використанням систем наскрізного фізико-технологічного проектування інтегральних приладів.

1. Коваль В.А., Гранат П.П., Теслиок В.Н. Автоматизированная система технологического проектирования полупроводниковых ИС // *Техника, экономика. Сер. Автоматизация проектирования*. 1994. Вып. 2-3. С. 98-105. 2. Теслиок В.М., Корбецький О.Р. Назар А.В. Романко В.О. Пакет двовимірного моделювання технологічних маршрутів виготовлення біполярних ВІС - ПРОМІС-Т // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1998. № 327. 3. Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. М., 1989. 4. Антонетти П., Антониадиса Д., Даттона Р. и др. МОП - СБИС. Моделирование элементов и технологических процессов. М., 1988. 5. Бубенников А.Н., Садовников А.Д. Физико-технологическое проектирование биполярных элементов кремниевых БИС. М., 1991. 6. Корбецький О.Р. Модель для двовимірного розподілу швидкості, тиску та температури в дифузійній печі // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1998. № 327. 7. Корбецький О.Р. Програмне та інформаційне забезпечення системи моделювання технологічних операцій виготовлення ІС // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1999. № 386. 8. Данчишин І.В., Гранат П.П., Романюк А.Б., Райвич М.Г. Методи розробки і побудови системи фізико-топологічного моделювання елементів ІС // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1995. № 289. С.29-32.

УДК. 621.3.019.3 (075)

**Кіселичник Мирослав**

ДУ "Львівська політехніка", кафедра теоретичної радіотехніки  
та радіовимірювань

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ КВАЗІДЕТЕРМІНОВАНИХ ПРОЦЕСАХ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ**

© Кіселичник Мирослав, 2000

**В статті проаналізовано квазідетерміновані процеси зміни параметрів та запропоновано прогнозування надійності на основі індивідуального підходу.**

**At the paper the quasideterministical proceses of parameters variation were analyzed and and reliability prediction on individual approach was proposed.**