

- богушевський В. С., Сухенко В. Ю., Шматко О. В.// Вісник НТУУ „КПІ”, серія Машинобудування. – 2011. – № 61, т. 2. – С. 38 – 43.
7. Богушевський, В. С. Теплообмен холодной металлозагрузки с расплавом в ванне печи / Богушевський В. С., Сорокин Н. А., Лигоцкий И. Л.// Изв. АН СССР. Металлы. – 1989. – № 3. С. 15 – 20.
8. Кноре, Д. Г. Физическая химия: учеб. пособ / Кноре Д. Г., Крылова Л. Ф., Музыкантов В. С. – М.: Высшая школа, 1990. – 416 с.
9. Чернега, Д. Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник / Д. Ф.Чернега, В. С.Богушевський, Ю. Я.Готвянський. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
10. Лыков, А. В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
11. Богушевський, В. С. Динамическая модель управления температурным режимом / Богушевський В. С., Сергеева Е. А., Жук С. В. // Металл и литье Украины – 2011. – № 5. – С. 24 – 28.
12. Богушевський, В.С. Динамічна модель контролю температурного режиму конвертерної ванни / Богушевський В. С., Жук С. В.// Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2011. – № 1. – С. 90 – 96.

### Abstract

*The metal temperature on the tapping from converter is an important parameter responsible for the success of the whole process. We have developed the model of temperature behavior control on the basis of theoretical explanation of kinetic processes of metal impurities oxidation and dissolution of cooling elements with heat-exchange process. These processes are regarded as a constituent part of the closed control system. While studying the thermic operation of fettling we found out that the temperature of the fettling fire surface (which contacts with the metal), reacts on the temperature change. These impacts provoke the low-frequency harmonious constituent of the temperature field with the cycle of vibration equal to the average melting duration. Our research has also shown that the impact of lime on the bath temperature depends on the insertion time. The later the lime is inserted the less one can see its cooling effect. The same dependence nature may be observed while studying the impact of the lime insertion time on the bath temperature. If the lime is inserted later, its chemical decomposition will be incomplete. The researches of experimental data in operating production conditions showed appropriateness of the approach usage*

**Keywords:** model, converter, metal bath, temperature behavior

УДК 620.3

## ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАНОЕЛЕКТРОНІЦІ

**В. Г. Кудря**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 066-923-96-74

E-mail: vcudrya@mail.ru, admin@osar.odessa.ua

**Ю. О. Лємєхов**

Аспірант\*

Контактний тел.: 066-452-56-98

E-mail: yurakaban1986@gmail.com

**Є. Л. Саркісьян**

Аспірант\*

Контактний тел.: 063-828-79-31

E-mail: acksummoner@ukr.net

\*Кафедра інформаційних систем і мереж

Одеська національна академія харчових технологій

вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, Україна, 65082

Аналізується рівень відповідності фізико-математичних моделей нано-електронних виробів, технологій їх проектування та виробництва. Пропонуються критерії класифікації швидкодіючої електронної апаратури з метою розробки системних засобів їх фізико-математичного моделювання

**Ключові слова:** моделювання, наноелектроніка, технології проектування

Анализируется уровень соответствия физико-математических моделей нано-электронных изделий, технологий их проектирования и производства. Предлагаются критерии классификации быстродействующей электронной аппаратуры с целью разработки системных способов их физико-математического моделирования

**Ключевые слова:** моделирование, нанoeлектроника, технологии проектирования

### 1. Введення

Рівень фізико-математичного обґрунтованості в різні часи та на різних етапах розвитку залежав як від

рівня технологій (від палиці до нанотехнологій), так і рівня математичного забезпечення. Як правило, піклуючись про матеріально-виробничу сферу розробники фізичних моделей віддалялись від математичних те-

орій, а експериментатори, в свою чергу, як від одних, так і від інших. Саме про це і йдеться в запропонованій роботі.

Актуальність теми продиктована необхідністю розробок системних методів моделювання нанoeлектронних виробів, позаяк тенденція недостатньої відповідності фізичних процесів та їх математичних моделей в нанотехнологіях є суттєвим стримуючим фактором їх розвитку.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Прикладні математики [1] витрачають чимало часу на дослідження, які з практичної точки зору не мають свого застосування у виробничій сфері [2], зрештою, як і теоретичні дослідження фізиків, біологів та інших сфер наукової діяльності [3]. Розрив між теоретичною наукою та її прикладним застосуванням зростає з кожним днем. Отже, однією з найголовніших задач, що формулюють автори є скорочення зазначеного розриву. Іншими словами, виконується спроба приведення у відповідність, тобто узгодження [4, 5] сучасних рівнів фізичного та математичного моделювання до рівня ефективних проектувальних процедур нановиробництва.

## 3. Ціль та задачі дослідження

В рамках зазначеної проблеми ціллю дослідження є розробка системної класифікації технологій, фізичних та математичних моделей нанoeлектронних виробів з кінцевою метою реалізації систем їх автоматизованого проектування в рамках об'єктно-орієнтованого проектування.

## 4. Головний матеріал

Зазначмо, що як і в макро- та мікроелектроніці, розробника тих чи інших засобів інфокомунікаційних технологій в першу чергу цікавить не внутрішня природа явищ та процесів нанoeлектронних компонентів, а їх зовнішні характеристики, що встановлюють взаємодозначний зв'язок між впливом та реакцією, що ним викликається у вигляді компонентних рівнянь. Але відмінністю електронних нановиробів являється не автономність їх «атомарних» компонентів. Внаслідок їх електромагнітної, радіаційної, квантово-механічної природи компоненти не можуть бути екранованими, (відокремленими) один від одного.

Не автономність призводить до утворення незапланованих «паразитних» шляхів передачі енергії в синтезованому нановиробу. Більше того комунікаційні пристрої, що за своєю суттю передають енергію від одного наноконпонента до іншого теж є джерелами несанкціонованого випромінювання та споживання енергії. Саме з цих причин існуючі системи проектування не враховують зазначені особливості і мусять бути в значній мірі удосконалені, або перероблені в цілому на основі нових фізикоматематичних моделей, що враховують не автономність наноконпонентів та наокомунікаторів.

Для створення адекватної системи проектування нанoeлектронних приладів в рамках об'єктно-орієн-

тованого мов проектування, що враховує розбиття електричного кола на компоненти та комунікатор [4, 5] слід в системний спосіб визначити об'єкти проектування. Системність моделі проявляється в тому, що, кожний компонент розглядається як на рівні внутрішніх, так і зовнішніх факторів його функціонування у складі електронного пристрою. Для розробки такої моделі розглянута низка проблемних моментів, які з різних причин залишаються по за увагою проєктантів з одного боку, та неможливістю їх розв'язання лише за рахунок удосконалення технологій, з іншого.

Для визначення місця та призначення запропонованих новацій розглянемо та відберемо критерії класифікації інфокомунікаційних засобів (ІКЗ).

Класифікацію ІКЗ, рис. 1, можна виконувати за різноманітними критеріями, але системність їх дослідження диктує найбільш узагальнюючі напрями: призначення, технологія, фізикоматематичні моделі.

В класифікації за **призначенням**, рис. 2, слід розрізняти:

- перетворювачі енергії, як споживачі, так і джерела електроенергії. Серед них слід виділити активні (односторонні перетворення), так і реактивні (перетворювачі, що можуть накопичувати та повертати однотипну енергію). Односторонні перетворювачі безповоротно перетворюють один вид енергії в інший, а двосторонні – перетворивши енергію в інший вид, можуть відтворити її здійснюючи зворотне перетворення (як, наприклад, акумулятори, реактивні ІКЗ тощо);



Рис. 1. Концепції класифікацій інфокомунікаційних засобів

- аналогові, що призначені для обробки континуальних сигналів;
- цифрові – для обробки цифрових, як бінарних, так і не бінарних, тобто квантованих за рівнем імпульсних сигналів;
- гібридні, що обробляють імпульсні та аналогові сигнали, наприклад, аналого-цифрові та цифро-аналогові сигнали;

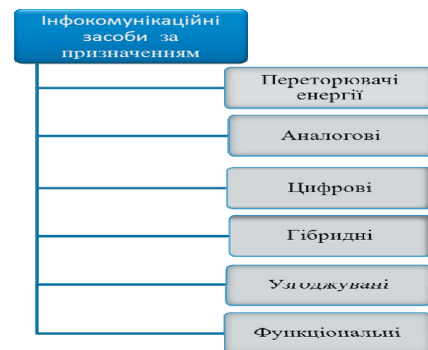


Рис. 2. Класифікація інфокомунікаційних засобів за призначенням

- узгоджувальні: енергетичні з коефіцієнтом корисної дії близьким до 1; сигнальні з коефіцієнтом корисної дії 0,5; ІКЗ, для яких значення проблеми узгодження відходять на другий план.

- функціональні перетворювачі, основна задача яких – виконувати будь-які елементарні математичні операції та реалізовувати складні алгоритмічні обчислення, що характеризуються багатомісними операціями [4], у тому числі комутаційні, та перетворювальні (типу струм - напруга та навпаки).

Принципи побудови різноманітних дискретних функціональних перетворювачів, як цифрових автоматів, ґрунтуються на жорсткій логіці, та перепрограмуванні їх внутрішньої структури для обробки сигналів, за наперед визначеним алгоритмом, наприклад, мікропроцесор чи мікроконтролер. Аналогові ІКЗ використовують компоненти з монотонними характеристиками, що не мають стрибків.

За **технологією** виготовлення (рис. 3), інфокомунікаційні засоби розрізняють за наступними позиціями:

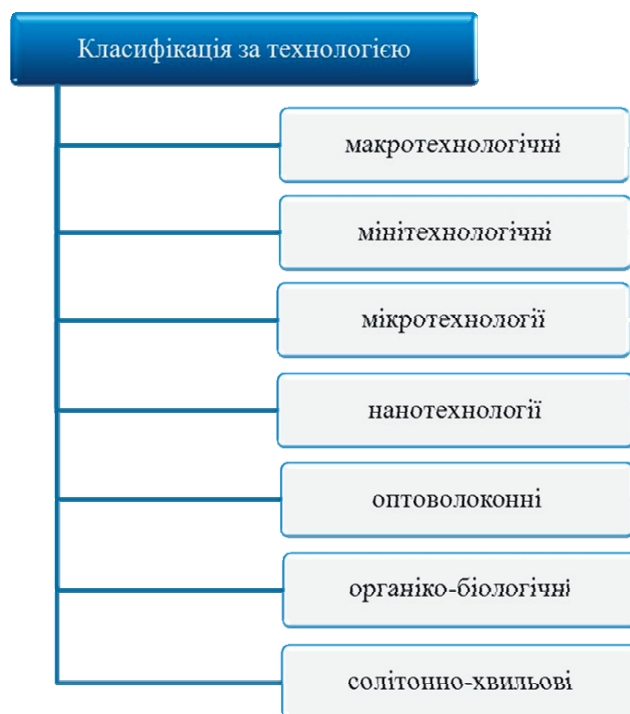


Рис. 3. Класифікація інфокомунікаційних засобів за технологією виготовлення

- макротехнологічні – класичний варіант розробки окремих ІКЗ: резистивних опорів, індуктивних котушок, конденсаторів, смугових ліній, окремих електронно-променевих приладів, електронних ламп, з хвилями, що біжать, прилади на застосуванні поверхневих акустичних хвиль, елементи хвилеводів (трійникові мости, відгалужувачі та суматори потужностей, тощо);

- мінітехнологічні – виготовлення окремих міні збірок з декількох різноманітних ІКЗ, в тому числі з напівпровідниковими та провідниковими властивостями. Збірки заливаються діелектричним компаундом;

- мікротехнології – виготовлення окремих мікросхем, з розділовими відстанями що складають 10- 6 м та оптичні пристрої – світло та фотодіоди, тощо;

- нанотехнології передбачають зменшення дозволяючи відстаней до розмірів атома та молекул – 12 нм. До такого типу компонентів можна практично віднести елементи хімічної таблиці Менделєєва;

- оптоволоконні технології розробки пристроїв для обробки світлових потоків та їх генерації (лазероподібні пристрої) характеризуються від нано- до фемторозмірів, як і в попередньому випадку, окремі атоми та їх елементи в таких технологіях можуть використовуватись, як такі, що мають різні енергетичні стани, спіни, тощо;

- органіко-біологічні технології, що пов'язані як з розробкою біочіпів так і з реконструктивною медициною;

- солітонно-хвильові та струнно-нейтринні, що спрямовані на експериментальне дослідження побудови всесвіту мікросвіту та макрокосмосу, як технології майбутнього.

За методами використання та створення фізико-математичних моделей, рис. 4, інфокомунікаційні засоби можна характеризувати по наступним напрямкам:



Рис. 4. Класифікація інфокомунікаційних засобів за методами використання та створення фізико-математичних моделей

- класичні закони (правила Кірхгофа та ідеалізовані (базові, елементарні) компонентні рівняння (ланцюгова аксіоматика);

- теорія ланцюгів, що обґрунтована в електродинамічній формі (аксіоматика на рівні інтегральних рівнянь електродинаміки [5]);

- макроелектродинаміка;

- квантова електродинаміка;

біоінформаційні моделі, що відтворюють акти розумової діяльності, пам'ять живих істот та рослинного світу (структури ДНК та біонейрони).

В рамках неорганічних інфокомунікаційних засобів вибір тієї чи іншої моделі залежить від співвідношення найкоротшої довжини спектра хвиль електромагнітного поля, джерелом якого є струми та заряди в об'ємі ІКЗ, та його максимального розміру. Виконана класифікація дозволила ввести певні аксіоматичні постулати для розробки адекватних математичних

моделей нановиробів, в рамках зазначених критеріальних оцінок за рис. 2, рис. 3 та рис. 4.

Як правило, об'єкти обробки інформації та певні перетворювачі енергії є зосередженими компонентами, а елементи, що каналізують інформацію, та або «безінформативну» енергію - комунікаторами, тобто об'єднувачами, що утворюють структуру зв'язків між зосередженими компонентами в замкнутій складній системі. В узагальненому вигляді компонент, як функціональний перетворювач (ФП) «F» вхідної множини сигналів «x» у вихідну «y = F(x)» з Аргумент x функції f(x), як і результат перетворення «y» може бути скалярною, векторною величиною, або такою, що представляє деяку множину необов'язково однорідних елементів. Причому, алгоритм обробки сигналів може залежати не лише від аргументу x, а і від внутрішнього стану функціонального перетворювача, як цифрового автомату. Для математичної моделі системи зв'язків та компонентів можна застосувати теорію графів, вершини яких відповідатимуть багатополосним компонентам, а ребра – зв'язкам між компонентами. Окрім того, розглядаючи ФП, як вкладені одна в одну певні структури, слід з математичної точки зору застосовувати елементи структурного аналізу, виділяючи базовий, поточний та заключний рівень вкладеності.

Авторами виконане дослідження основних наукових підходів для можливостей застосування системного моделювання ФП в рамках якого нановироб представляється у вигляді електричного кола мега- та гігагерцного діапазонів частот, в яких виникають внутрішні електромагнітні перешкоди (взаємовпливи) [4]. Об'єктно-орієнтовані методи цілком та повністю поглинають множину методів аналізу електричних кіл в рамках класичної теорії електричних кіл в квазістаціонарному низькочастотному наближенні, що засновані на законах Кірхгофа. Останнє підтверджує коректність отриманих результатів моделювання.

---

## 5. Висновки

---

Таким чином, різноманітні відомості, що, на перший погляд, здаються погано корельованими між собою, набувають ознак системності внаслідок об'єднання дослідження фізико-математичних моделей та технологій в рамках аналізу представленої класифікації наноелектронних пристроїв. Орієнтація на системність проектування нановиробів надала можливість розробки основних постулатів, що закладені в алгоритмічні процедури технологій їх проектування.

---

## Література

1. Бутковский А.Г. Характеристики систем с распределёнными параметрами (справочное пособие). – М.: Наука, 1979, 224 с.
2. Жоаким К., Плевел Л. Нанонауки. Невидимая революция. - М.: Колибри, 2009. - 235 с.
3. Ключин В.И. Николаенков Ю.К. Нейросетевые структуры и технологии. Часть 1. Электрические и математические модели нейронов. НС прямого распространения. Учебное пособие для вузов. / Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2008 – 63 с.
4. Кудря В.Г. Системне проектування функціональних перетворювачів. // Труды V-й международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, Украина, Одесса, 17 – 21 мая 2004, с. 165.
5. Тозони О.В., Князь А.И. Электродинамические итерации при проектировании ЭВМ. - “Электронное моделирование”, Киев: Наукова думка”, 1979, №2, с. 57 – 63.

### Abstract

*The analysis according to the mathematical models of physical image and methods of design procedures nano-electronic products. As a result of the identified deficiencies, and suggests ways to address them. It is proposed to develop an adequate system design nano-electronic devices within object-oriented programming languages, taking into account the partitioning of the circuit into components and communicator. Specified design objects through their classification and developed system models nano-production. Thus each component is considered as the level of internal and external factors of its operation in the electronic device. Chief among them lack of energy autonomy of components that make up the electronic nano-production b. As a result of the proposed innovations can significantly improve the accuracy of design, and thus improve the technology nano-production*

**Keywords:** nanotechnology, nano-electronics, system design, CAD, Altium Designer, nanoproduct, modeling