

ISSN 2219-9365



*МІЖНАРОДНИЙ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ  
ЖУРНАЛ*

**ВИМІРЮВАЛЬНА  
ТА  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА  
ТЕХНІКА  
В  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСАХ**



*ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ*

# Міжнародний науково-технічний журнал

## ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Заснований в травні 1997 р.

Виходить 4 рази на рік

Хмельницький, 2018, №1 (61)

**Засновники:** Хмельницький національний університет  
Українська технологічна академія, м. Київ  
**Видавець:** Українська технологічна академія

Затверджене як фахове видання постановою президії ВАК України від 10.02.2010 № 1-05/1

### Журнал з 2015 року має високий Імпакт-фактор:

Включено у РИНЦ (дог. № 212-04/2013)

Index Copernicus

Google Scholar

Національна бібліотека України

ім. В.І. Вернадського

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=37653](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653)

<http://iml2012.indexcopernicus.com/p24781565.3.html> h-індекс 49,97

[http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN\\_nusAAAAJ&hl=uk](http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk)

<http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott> h-індекс 9

**Головний редактор** д.т.н., проф. І.В. Троцишин

**Заступник головного редактора та  
голова редакційної колегії  
Відповідальний секретар** д.т.н., проф. В.Т. Кондратов

### Редакційна колегія:

Бубулис Алгимантас, д.т.н., проф. (Литва); Вільям Кей Джі, д.т.н., проф., (Республіка Корея);  
Водотовка В.І., д.т.н., проф.; Дивак М.П., д.т.н., проф.; Дудикевич В.Б., д.т.н., проф.; Жултовський  
Богдан, д.т.н., проф. (Польща); Борботько Т.В., д.т.н., проф. (Білорусія); Здоренко В.Г., д.т.н., проф.;  
Злепко С.М., д.т.н., проф.; Каплун В.Г., д.т.н., проф.; Кичак В.М., д.т.н., проф.; Коробко Є.В., д.т.н.,  
проф. (Білорусія); Косенков В.Д., к.т.н., проф.; Кузьмін І.В., д.т.н., проф.; Лепіх Я.І., д.ф.-м.н., проф.;  
Мансуров Тофік Магомедович, д.т.н., проф. (Азербайджан); Мельник А.О., д.т.н., проф.; Натріашвілі  
Тамаз Мамієвич, д.т.н., проф. (Грузія); Павлов С.В., д.т.н., проф.; Підченко С.К., д.т.н., проф.; Попов  
Валентин, д. природничих н., проф. (Німеччина); Пунченко О.П., д.філ.н., проф.; Ройзман В.П., д.т.н.,  
проф.; Романюк В.В., д.т.н., проф.; Романюк О.Н., д.т.н., проф.; Ротштейн О.П., д.т.н., проф. (Ізраїль);  
Себко В.В., д.т.н., проф.; Сопрунюк П.М., д.т.н., проф.; Стахов О.П., д.т.н., проф. (Канада); Стенцель  
Й.І., д.т.н., проф.; Сурду М.М., д.т.н., проф.; Толбатов А.В. к.т.н., доц, Туз Ю.М., д.т.н., проф.;  
Цветков В.Ю., д.т.н., проф. (Білорусія); Шарпан О.Б., д.т.н., проф.; Шевченко К.Л., д.т.н., проф.

Технічний редактор І.В. Троцишин

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в  
технологічних процесах", (кімн. 4-402), Хмельницький національний  
університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016, Україна.

**Тел:** (+380) 97-684-3429.

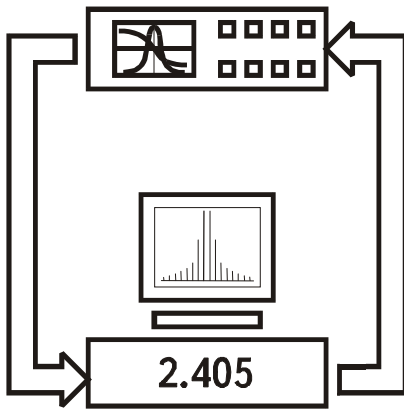
**E-mail:** vottt.tiv@gmail.com

**web:** <http://fetronics.ho.com.ua>

Зареєстровано Міністерством юстиції України  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ №16040-4512ПР від 16 грудня 2009 року.

© Українська технологічна академія, 2018  
© Редакція "Вимірювальна та обчислювальна  
техніка в технологічних процесах", 2018

ISSN 2219-9365



*INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-TECHNICAL  
MAGAZINE*

**MEASURING  
AND  
COMPUTING  
DEVICES  
IN  
TECHNOLOGICAL  
PROCESSES**



*KHMELNITSKY*

*International scientific-technical magazine*

## MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

*Founded in 1997 May*

*Published 4 times in a year*

***Khmelnitsky, 2018, №1 (61)***

**Founders** Khmelnytsky national university, Khmelnytsky, Ukraine  
Ukrainian Technological Academy, Kyiv, Ukraine  
**Publisher** Ukrainian Technological Academy

Approved as a professional publication the decision  
of Higher Attestation Commission  
at 10.02.2010, № 1-05/1

[http://vak.org.ua/docs//prof\\_journals/journal\\_list/whole.pdf](http://vak.org.ua/docs//prof_journals/journal_list/whole.pdf)

Approved as a professional publication

The decision of Higher Attestation Commission, 10.02.2010, № 1-05/1

**The magazine in 2015 is the most influential factor in the world:**

Included in Russian Index of Scientific  
Citations (№ 212-04/2013)  
Index Copernicus  
Google Scholar  
National library of Ukraine named after  
V.I. Vernadsky (Kyiv, Ukraine)

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=37653](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653)

[http://jmi2012.indexcopernicus.com/p24781565\\_3.html](http://jmi2012.indexcopernicus.com/p24781565_3.html) **h-indeks 49,97**

[http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN\\_nusAAAAJ&hl=uk](http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk)

<http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott> **h-indeks 9**

Chief Editor Ivan V. Trotsyshyn, prof., doctor of science  
Deputy Editor and Chairman of Editorial Board V.T. Kondratov, prof., doctor of science  
Executive Secretary

### **Editorial board:**

**Algimantas Bubulis**, prof. (Lithuania); **Borbotko T.V.**, prof. (Belarus); **Vilyam Kay Dzhi**, prof., (Republic of Korea); **Vodotovka V.I.**, prof.; **Divak M.P.**, prof.; **Dudikevich V.B.**, prof.; **Kaplun V.G.**, prof.; **Kychak V.M.**, prof.; **Korobko E.V.**, prof. (Belarus); **Kosenkov V.D.**, prof.; **Kuzmin I.V.**, prof.; **Lepih YA.I.**, prof.; **Mansurov Tofik Magomedovich**, prof. (Azerbaijan); **Melnik S.A.**, prof.; **Natriashvili Tamaz Mamievich**, prof. (Georgia); **Pavlov S.V.**, prof.; **Pidchenko S.K.**, prof.; **Popov Valentin**, prof. (Germany); **Punchenko O.P.**, prof.; **Roizman V.P.**, prof.; **Romaniuk V.V.**, prof.; **Romanyuk O.N.**, prof.; **Rothstein Oleksandr Petrovich**, prof. (Israel); **Soprunyuk P.M.**, prof.; **Sebko V.V.** prof., **Stakhov Olexiy Petrovic**, prof. (Canada), **Stenzel Y.I.**, prof.; **Surdu M.M.**, prof.; **Tolbatov A.V.** doz. **Tuz Yu.M.**, prof.; **Tsvetkov V.Yu.**, prof. (Belarus); **Sharpan O.B.**, prof., **Shevchenko K.L.**, prof.; **Zhultovsky Bogdan**, prof. (Poland); **Zdorenko V.G.** prof., **Zlepko S.M.**, prof.

Technical editor **I. V. Trotsyshyn**

**Address of editorial office:** *editorial office of magazine "Measuring and Computing Devices in Technological Processes", Khmelnytsky national university, Ukraine, 29016, Khmelnytsky, 11 Institutyska str., (4-402 room),*

**phone:** (+380) 97-684-3429 (Russian, Ukrainian)

**E-mail:** [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com) (Russian, Ukrainian, English)

**web:** <http://fetronics.ho.com.ua>

Subscribed by Ministry of Justice of Ukraine  
Certificate about governmental registration of publishing means of mass information  
Series "KV" №16040-4512PR, December ,16, 2009.

© **Ukrainian Technological Academy, 2018**  
© **Magazine "Measuring and Computing  
Devices in Technological Processes", 2018**

## ЗМІСТ

### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

<b>В.Т. КОНДРАТОВ.</b> ФУНДАМЕНТАЛЬНА МЕТРОЛОГІЯ. МАГНІТОПОЛЕВА ТЕОРІЯ ІЗМЕРЕНІЙ С ІСПОЛЬЗУВАННЯМ ЯВЛЕННЯ ПЕРЕНОСА ЕНЕРГІЇ І ІНФОРМАЦІЇ СКВОЗЬ МАТЕРІАЛ ІЛИ ВЕЩЕСТВО. ЧАСТЬ 2.. АТРИБУТЫ МАГНІТОПОЛЕВЫХ ЭФФЕКТОВ.....	7
<b>В.Т. КОНДРАТОВ.</b> ФУНДАМЕНТАЛЬНА МЕТРОЛОГІЯ. МАГНІТОПОЛЕВА ТЕОРІЯ ІЗМЕРЕНІЙ С ІСПОЛЬЗУВАННЯМ ЯВЛЕННЯ ПЕРЕНОСА ЕНЕРГІЇ І ІНФОРМАЦІЇ СКВОЗЬ МАТЕРІАЛ ІЛИ ВЕЩЕСТВО. ЧАСТЬ 2.1. УСЛОВІЯ ПРОЯВЛЕННЯ МАГНІТОПОЛЕВЫХ ЭФФЕКТОВ І ЯВЛЕНІЙ.....	15
<b>В.А. ВЫШИНСКИЙ.</b> ИСТОЧНИК МАССЫ ВЕЩЕСТВА .....	32

### ОПТИЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

<b>О.Б. ШАНДИБА.</b> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ГРАНУЛ КАРБАМІДУ В ГРАНУЛЯЦІЙНИХ БАШТАХ .....	38
<b>О.Ю. ОЛЕЙНИК.</b> МЕТОД КОНТРОЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ ВИБРОЧАСТОТНЫМ МЕТОДОМ.....	43
<b>О.С. ЛЕВИНСЬКИЙ, М.О. ГОЛОФЄЄВА.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОБ'ЄКТА ПРИЛАДАМИ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ТЕХНІКИ.....	49

### ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

<b>І.В. ТРОЦИШИН</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ АЦП ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ ТА АЦП ПОСЛІДОВНОГО НАБЛИЖЕННЯ НА ПРИНЦИПАХ МЕТОДУ КОІНЦИДЕНЦІЇ.....	54
<b>В.В. ГРОМОЗДИН</b> РАМОЧНАЯ АНТЕННА С ДВУХТОЧЕЧНЫМ ВОЗБУЖДЕНІЕМ.....	67

### ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

<b>Р.М. PAVLENKO, V.V. TRETIAK, A.V. TOLBATOV, G.A. SMOLAROV, V.A. TOLBATOV.</b> TECHNOLOGY OF ACCEPTANCE OF ADMINISTRATIVE DECISIONS ON THE STAGE OF TECHNICAL PREPRODUCTION .....	76
<b>ARTEMII VASILYEVICH KROPACHEV, DENIS OLEGOVICH ZUEV.</b> MAIN ASPECTS OF THE MODERN INFORMATION SYSTEMS HARDWARE RESOURCES VIRTUALIZATION METHODOLOGY.	80
<b>DENIS OLEGOVICH ZUEV, ARTEMII VASILYEVICH KROPACHEV, ALEKSEY YEVGENYEVICH USOV, DMITRII NIKOLAEVICH MOSTOVSHCHIKOV.</b> ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS SECURITY ALGORITHMS BASED ON CLUSTERING METHODS .....	86
<b>А.П ГНЕННИЙ, Ю.Г. ГОРДІЄНКО</b> ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ЯК ГОЛОВНИЙ ЧИННИК ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА СУЧАСНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....	94

### БІОМЕДИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ

<b>К.О. ІВАНОВСЬКА, М.Ф. БОГОМОЛОВ.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ОНКОКЛІТИН ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТОЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ.....	99
--	----

---

## ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ ТА ТЕХНОЛОГІЯМИ

<b>А.Г. МАРИНІЧ, М.Ф. БОГОМОЛОВ.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСМУЖКОВИХ СТРУКТУР В ЯКОСТІ ФІЛЬТРІВ В МІКРОСИСТЕМНІЙ ТЕХНІЦІ .....	107
<b>A.V. TOLBATOV, S.V. AGADZHANOVA, O.B. VIUNENKO, V.A. TOLBATOV.</b> USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR E-LEARNING .....	110
<b>M.A. CHUPRINA, I.A. SHEKHOVTSOVA, A.V. TOLBATOV.</b> INFORMATION AND ANALYTICAL SUSTENTION OF THE TRANSFORMATION PROCESS OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN INDUSTRY STRATEGIC POTENTIAL .....	114
<b>Н.Л. БАРЧЕНКО</b> ОЦІНКА АЛГОРИТМІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА В МОДУЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ НАВЧАННЯ .....	119
<b>Г.М. КЛЕЩОВ</b> СИСТЕМНО - СТРУКТУРНІ РІВНІ ШТАМП - НАПІВФАБРИКАТІВ В МЕТРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КІБЕР - ФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ .....	124
<b>А.В. ТОЛБАТОВ, В.В. ПОНПА, О.О. ТОЛБАТОВА</b> АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА СПРЕДІВ .....	129
<b>В.А. ВЫШИНСКИЙ</b> ИСТОЧНИК МАГНИТНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВА .....	134

## ПРЕЦИЗИЙНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<b>О.В. ТУКHOHOVA.</b> THE MAXFLOW PROBLEM ANALYSIS ON FREE-ORIENTED NETWORK GRAPH .....	139
Вісімнадцята міжнародна науково-технічна конференція "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (ВОТТП-18-2018) .....	145

**ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ,  
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

УДК 389:681.2

**В.Т.Кондратов,**  
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ.  
МАГНИТОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА  
ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ СКВОЗЬ МАТЕРИАЛ ИЛИ ВЕЩЕСТВО  
Часть 2. Атрибуты магнитопольевых эффектов**

*В работе описана классификация составляющих магнитопольевых эффектов — магнитных полей, веществ и материалов, а также видов информации, получаемой по результатам взаимодействия магнитного поля на вещество (материал). Приведена классификация основных классов магнитных вещества и материалов. Обобщены и классифицированы эффекты и явления взаимодействия магнитного поля и материи.*

*Работа представляет интерес для метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих магнитопольевые эффекты и явления, пути и методы их использования при создании сенсоров физических величин, а также изучающих магнитопольевые методы измерения свойств материалов и веществ с использованием явления переноса энергии и информации сквозь проводящие и слабопроводящие среды.*

*Ключевые слова: энергия, материал, информация, магнитопольевой эффект, явление, магнитное поле, свойства.*

**V.T.KONDRATOV**  
V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**FUNDAMENTAL METROLOGY.  
THE MAGNETIC-FIELD THEORY OF MEASUREMENTS WITH USE THE  
PHENOMENON OF TRANSFER OF ENERGY OR INFORMATION THROUGH  
MATERIAL OR SUBSTANCE  
Part 2. Attributes of magnetic-fields effects**

*Annotation. In paper classification making magnetic-fild effects — magnetic fields, substances and materials, and also the types of information, received by results of magnetic field interaction on substance (material) is described. Classification of the basic classes magnetic substance and materials is resulted. Effects and the phenomena of interaction of a magnetic field and a matter are generalized and classified.*

*The paper is of interest for metrologists, experts, masters and the post-graduate students studying magnetic-fild effects and the phenomena, ways and methods of their use at creation of sensor controls of physical sizes, and also studying magnetic-fild methods of measurement of properties of materials and substances with use of the phenomenon of carrying over of energy and the information through a conductive and weakly conducting medium.*

*Keywords: energy, a material, the information, magnetic-fild effects, the phenomenon, a magnetic field, properties.*

**Введение**

В работе [1] изложены философские аспекты магнитопольевой теории измерений, базирующейся на явлении переноса энергии и информации сквозь материал или вещество. Дано базовое определение новой ветви теории измерений. Изложены цели разрабатываемой теории, развиваемые и используемые научные теории и направления, приведены определения триады таких фундаментальных понятий, как энергия, материя (вещество и материал) и информация, перечислены базовые физические принципы передачи информации. Утверждается, что только энергетическое поле переносит управляющее воздействие на физические поля частиц вещества и изменяет его свойства.

В связи с развитием магнитопольевой теории измерений были сформулированы новые проблемы фундаментальной метрологии, вязанные с измерением энергий Ферми и Ландау исследуемых образцов (ИО) материалов и вещества макромира, а также других физических величин с использованием явления переноса энергии и информации сквозь материал или вещество.

В настоящей статье описана классификация составляющих магнитопольевых эффектов — магнитных полей, веществ и материалов и видов информации, получаемой по результатам взаимодействия магнитного поля на вещество (материал). Обобщены и классифицированы эффекты и условия взаимодействия магнитного поля и материи. Приведена классификация основных классов магнитных вещества и материалов.

**Объект исследований**

Объектом исследований является триада фундаментальных понятий, — энергия, материя и информация, характеризующая сущность, развитие и многообразие материального мира.

**Предметом исследований** является изучение, классификация и взаимоотношения энергии, материи и информации, как взаимосвязанных составных частей магнитопольевых эффектов.

**Целью работы** является ознакомление ученых и специалистов с упорядоченным многообразием

видов, типов, классов, свойств, структур магнитных полей, веществ и материалов, с многообразием вариантов получения магнитолевых эффектов взаимодействия энергии магнитных полей с потенциальной энергией вещества или материала.

### **Результаты исследований**

Окружающий нас мир материален и состоит из различных видов материи и физических полей. Атрибутами материи вещества являются заряженные частицы, движение, пространство и время, которые не существуют вне материи. Особым видом материи является магнитное поле. Посредством материи осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами или телами, обладающими магнитным моментом, и магнитным полем.

Понятия материал и вещество не тождественны друг другу. Вещество становится материалом, когда ему, а точнее, вполне определенному его состоянию, находится конкретное применение в качестве материала или его компонента. На основе одного и того же вещества могут создаваться разнообразные материалы [2]. В этой связи ниже дополнительно рассматривается классификация и материалов, и веществ.

### **Классификация магнитных полей, как носителей энергии**

Магнитное поле — силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, которые обладают магнитным моментом, независимо от состояния их движения [3]. Магнитное поле создается: а) током заряженных частиц; б) магнитными моментами электронов в атомах; в) магнитными моментами других частиц и г) при изменении во времени электрического поля.

Вращательное движение электронов вокруг ядер атомов аналогично действию некоторого контура электрического тока и создает магнитное поле, которое на достаточном расстоянии представляется как поле магнитного диполя с магнитным моментом, значение которого определяется произведением тока и площади контура, который ток обтекает [4]. Каждый электрон, движущийся в атоме вокруг ядра по замкнутой орбите, представляет собой электронный ток, текущий в направлении, противоположном движению электрона. Орбитальный магнитный момент электрона — магнитный момент электронного тока. Сам электрон имеет магнитный момент, который называется спиновым магнитным моментом.

Магнитный момент атома определяется векторной суммой орбитальных и спиновых магнитных моментов отдельных электронов в электронной оболочке атомов. Эти два вида магнитных моментов (орбитальный и спиновый) могут быть частично или полностью взаимно скомпенсированы [4].

Основной силовой характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции  $\mathbf{B}$  (или вектор индукции магнитного поля). Другой фундаментальной характеристикой магнитного поля (альтернативной магнитной индукции и тесно с ней взаимосвязанной) является вектор напряженности магнитного поля  $\mathbf{H}$ .

В качестве примера на рис. 1 приведена модель формирования магнитного поля рамки с током. Переменный ток  $i_1(t)$  порождает изменяющееся магнитное поле  $H_1(t)$ , которое, в свою очередь, порождает изменяющееся электрическое поле  $E_1(t)$ , изменяющееся электрическое поле порождает изменяющееся магнитное поле  $H_2(t)$  и т.д. [5]. В вакууме значение вектора напряженности магнитного поля постоянно во времени. В слабо проводящих средах его значение уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния.

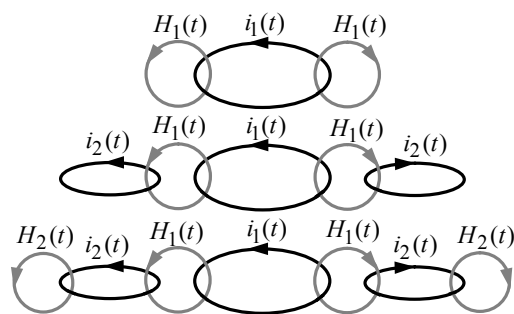


Рис. 1. Процесс формирования электромагнитного поля

В практике исследований магнитолевых эффектов генератор магнитного поля рассматривается как магнитосиловой, спектрообразующий (частотогенерирующий) и формообразующий источник управляемой энергии магнитного поля.

Магнитолевые эффекты — эффекты взаимодействия энергии постоянного, переменного и импульсного магнитного поля низкой (НЧ), высокой (ВЧ) или сверхвысокой частот (СВЧ) с заряженными частицами вещества или материала (рис. 2, энергия). Особое внимание заслуживает СВЧ диапазон, который является мостиком между радиоволнами и световыми волнами. Нижняя граница СВЧ диапазона в свободном пространстве соответствует метровым волнам, а верхняя примыкает к длинноволновому инфракрасному излучению [1].

Каждый магнитолевой эффект тесным образом связан с конфигурацией магнитного поля (рис. 2, энергия), его пространственно-временной ориентацией по отношению к исследуемому материалу и характером его воздействия — одиночным импульсом, пачкой импульсов, непрерывным воздействием, комбинированным и др.



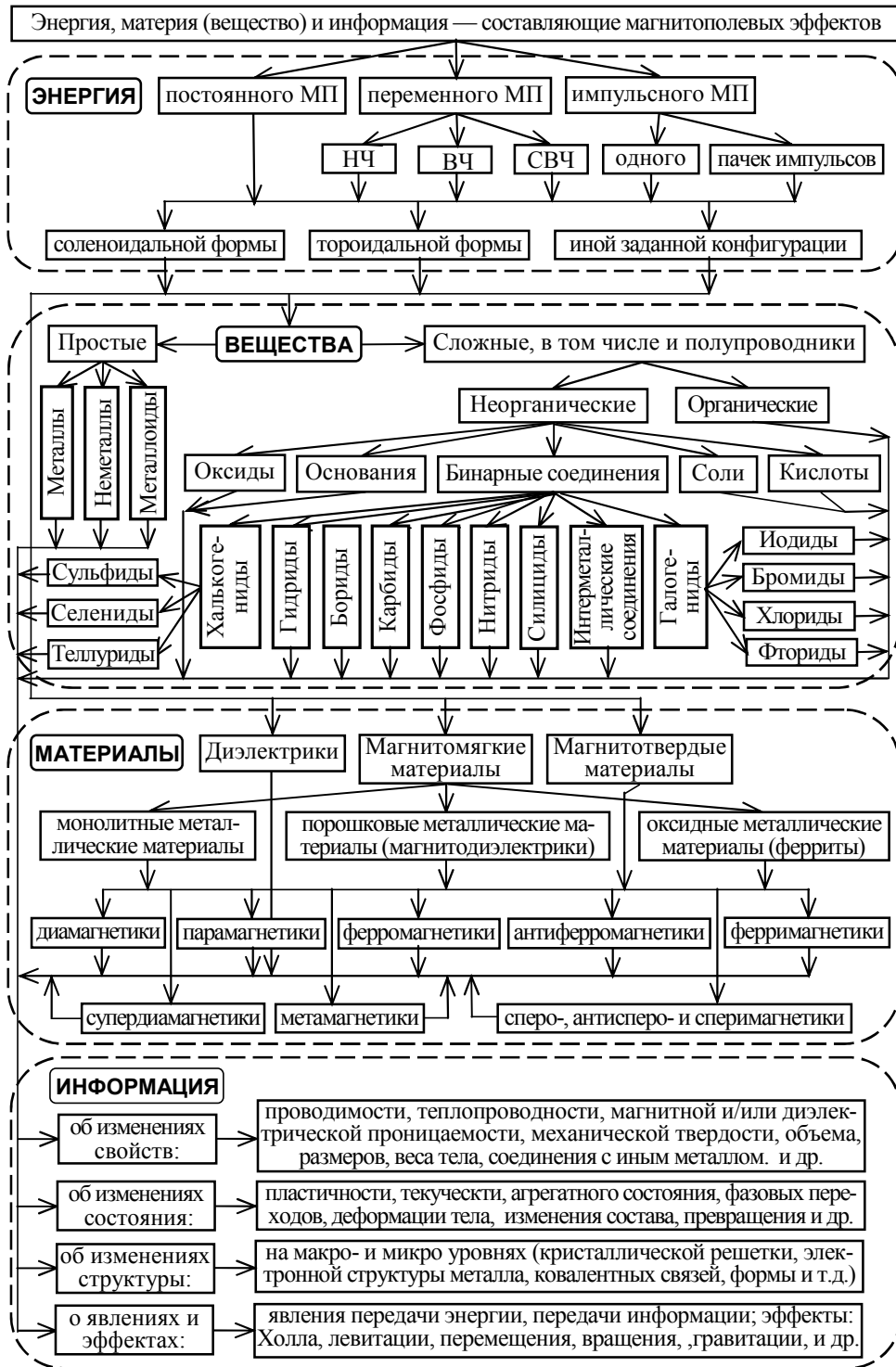


Рис. 2. Классификация составляющих магнитопольных эффектов

Отметим, что магнитопольные эффекты могут вызываться (и проявляться) и при дополнительном воздействии энергии полей иной физической природы, например, гравитационных полей.

### Классификация веществ

*Вещество* — одна из форм материи. Если вещество совершает работу, то оно обладает энергией. Вещество — форма материи, обладающая количественной и качественной определенностью физических свойств, в том числе и пространственно-временных, и структурой, симметричной или асимметричной, однородной или разнородной.

Различают простые и сложные вещества (рис. 2, вещества). К простым веществам относятся металлы, неметаллы, металлоиды и благородные газы (последние на рис. 2 не приведены). Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента. Сложные вещества состоят из атомов разных элементов, химически связанных друг с другом.

К сложным веществам относятся неорганические и органические вещества (рис. 2, вещества), в том числе и полупроводники. Классификация последних приведена, без пояснений, на рис. 3. Подробно она описана в работе [6]. В ее основу положен химический состав материала.

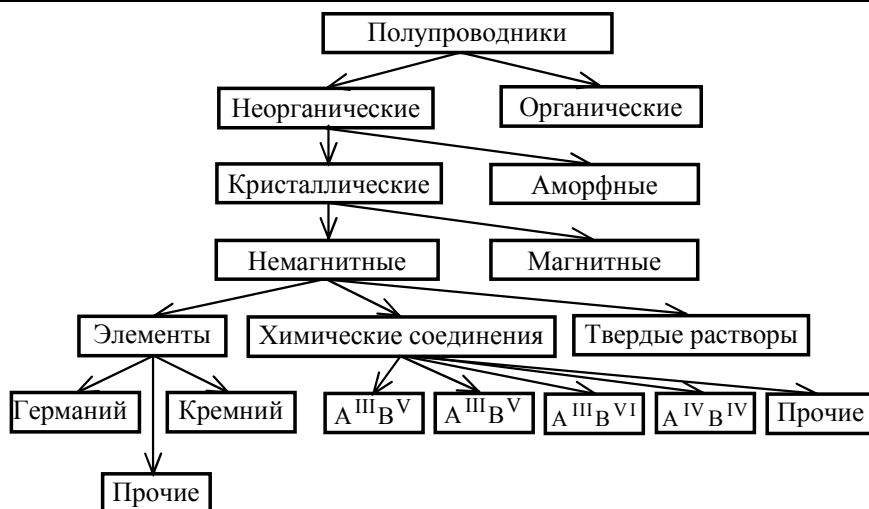


Рис. 3. Классификация полупроводников

К органическим веществам относятся углеводороды и их производные. Все остальные вещества — неорганические.

Неорганические вещества по составу и свойствам делятся на следующие важнейшие классы оксиды, основания, бинарные соединения, соли и кислоты (рис. 2, вещества). Если оксиды состоят из двух химических элементов, один из которых — кислород со степенью окисления  $(-2)$ , то основания состоят из атомов металла и одной или нескольких гидроксильных групп  $(-OH)$ . Соли состоят из катионов металла и анионов кислотных остатков, а кислоты — из одного или нескольких атомов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и кислотных остатков. Число атомов водорода  $(n)$  характеризует основность кислот (при  $n = 1$  — одноосновная, а при  $n = 2$  — двухосновная) [7, 8].

Бинарные соединения имеют различное химическое строение, состоят из двух видов атомов, а химическая связь — ковалентная полярная (в соединениях неметаллов и некоторых амфотерных элементов) или ионная (в солях бескислородных кислот).

К общим химическим свойствам бинарных соединений относятся реакции взаимодействия с водой (гидролиз) и с кислородом воздуха (окисление и горение). К числу бинарных соединений относятся халькогениды (сульфиды, селениды и теллуриды), гидриды, бориды, карбиды, фосфиды, нитриды, силициды, интерметаллические соединения, галогениды (фториды, иодиды, бромиды и хлориды). Подробное описание свойств бинарных соединений приведено в работах [7 – 9].

Значения магнитной восприимчивости для некоторых веществ приведены ниже по данным работы [8]. Эти значения могут быть приведены к единице объема, массы или количества вещества. Поэтому следует говорить об объемной (безразмерной)  $\chi_v$ , удельной (в  $\text{см}^3/\text{г}$ )  $\chi_d$  или молярной (в  $\text{см}^3/\text{моль}$ )  $\chi_M$  магнитной восприимчивости.

#### Классификация материалов

Все материалы можно разделить на три класса: диэлектрики (изоляторы), полупроводники и проводники. К последним относятся магнитомягкие и магнитотвердые материалы (рис. 1, «материалы»). Отличительным свойством диэлектриков является способность к поляризации и возможность существования в них электростатического поля. Основной особенностью проводников является наличие свободных зарядов, в том числе электронов, которые участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по всему объему проводника [9]. Типичными проводниками являются металлы.

Магнитомягкие материалы делятся, в свою очередь, на монокристаллические материалы, порошковые металлические материалы (магнитодиэлектрики) и оксидные металлические материалы (ферриты) (рис. 2). Свойства магнитных материалов определяются формой кривой намагничивания и петли гистерезиса. Они зависят от химического состава материала, чистоты используемого исходного сырья и технологии производства. К магнитомягким относятся материалы с малым значением коэрцитивной силы и большим значением магнитной проницаемости. Такие материалы обладают способностью намагничиваться до насыщения в слабых магнитных полях, характеризуются узкой петлей гистерезиса и малыми потерями на перемагничивание. Магнитомягкие материалы применяются для получения больших значений магнитного потока.

К магнитотвердым относятся материалы с большой коэрцитивной силой  $H_c$ . Они намагничиваются и перемагничиваются лишь в очень сильных магнитных полях и служат, преимущественно, для изготовления постоянных магнитов.

По реакции на внешнее магнитное поле и характеру внутреннего магнитного упорядочения все материалы делятся на следующие группы: диамагнетики, супердиамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, метамагнетики, сперо-, асперо- и сперимагнетики (рис.2, материал).

*Диамагнетики* — материалы и вещества, с отрицательной магнитной восприимчивостью, не зависящей от напряженности внешнего магнитного поля [4].

Диамагнетизмом обладают металлы (медь, серебро, золото, цинк, ртуть, галлий и др.), большинство полупроводников (кремний, германий, соединения  $A_3B_5$ ,  $A_2B_6$ ), щелочно-галогидные кристаллы, неорганические стекла и др.





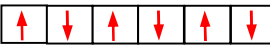

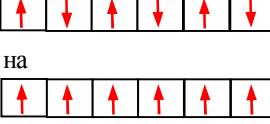
Диамагнетиками являются все вещества с ковалентной химической связью и вещества в сверхпроводящем состоянии. В табл. 1 приведены, со знаком минус, значения магнитной восприимчивости диамагнетиков ( $\chi = -(10^{-6} - 10^{-5})$ ). Здесь и ниже значения магнитной восприимчивости приведены по данным работы [12].

К *супердиамагнетикам* относят вещества и материалы, которым свойственна сверхпроводимость. Сверхпроводимость возможна в олове, свинце, алюминии и других металлах. Их значения магнитной восприимчивости меньше  $\chi = -10^{-7}$ . К настоящему времени известно 35 металлов и более тысячи сплавов и химических соединений различных элементов, обладающих сверхпроводимостью, например,  $PbMo_6S$ ,  $Nb_3Ge$ ,  $LiTiO_4$ .

К *парамагнетикам* относятся материалы и вещества с положительным значением магнитной восприимчивости, не зависящей от значения напряженности внешнего магнитного поля.

К числу парамагнетиков относятся щелочные и щелочноземельные металлы, некоторые переходные металлы, соли железа, кобальта, никеля и редкоземельных элементов. Значения магнитной восприимчивости парамагнетиков находятся в пределах  $\chi = 10^{-5} - 10^{-2}$  (табл. 1).

Таблица 1. Основные классы магнитных веществ и материалов

Свойство	Знак $\chi$	Значение $\chi$	Зависимость $\chi$ от магнитного поля	Значения $\chi$ типичных представителей при 25°C	Чем вызван магнетизм
Диамагнетизм	-	$10^{-6} - 10^{-5}$	Нет	$-0,72 \cdot 10^{-6}$ (вода) $-1,13 \cdot 10^{-6}$ (медь) $-14 \cdot 10^{-6}$ (висмут)	Прецессия спаренных электронов 
Супердиамагнетизм (при сверхнизких температурах)	-	$10^{-9} - 10^{-7}$	Нет	Al (Алюминий), Pb (свинец), $PbMo_6S$ , $Nb_3Ge$ , $LiTiO_4$	Прецессия спаренных электронов 
Парамагнетизм	+	$10^{-5} - 10^{-2}$	Нет	$0,15 \cdot 10^{-6}$ (кислород) $14 \cdot 10^{-6}$ (вольфрам)	Собственный магнитный момент неспаренного электрона 
Ферромагнетизм	+	$10^2 - 10^4$	Есть	До 650 (железо), до 800 ( $Sm_{1-x}Pr_xCo_5$ ), редкоземельные элементы Gd, Dy, Ho, Er, Tm и др.	Кооперативное выстраивание спинов неспаренных электронов 
Антиферромагнетизм	+	$10^{-4} - 10^{-2}$	Есть	До $10^{-2}$ – MnO. Свыше – хром (Cr), редкоземельные элементы Ce, Nd, Sm, Tm и др.	Антипараллельное выстраивание спинов неспаренных электронов двух подсистем 
Ферримагнетизм	+	$10^1 - 10^3$	Есть	До 60 ( $BaFeO_4$ ), свыше 60 – ферриты $Me \cdot F_2O_3$ и др.	Антипараллельное выстраивание спинов неспаренных электронов двух разных подсистем 
Метамагнетизм	+	$10^{-4} - 10^{-2}$ $\Leftrightarrow 10^2 - 10^4$	Есть	Антиферромагнетики – $MnAs_2$ , диспрозий Dy и эрбий Er – в сильных полях; ферромагнетики $MnAs$ , $MnBi$ , гольмий – Ho и тербий Tb – в слабых магнитных полях	Переход на и наоборот. 

*Ферромагнетики* — это материалы и вещества с большим значением положительной магнитной восприимчивости, которая сильно зависит как от напряженности магнитного поля, так и от температуры.

Магнитная восприимчивость ферромагнетиков весьма существенна и находится в пределах  $\chi = 10^2 - 10^4$  (табл. 1).

К *антиферромагнетикам* относятся материалы и вещества, в которых спонтанно возникает антипараллельная ориентация элементарных магнитных моментов одинаковых атомов или ионов кристаллической решетки при температуре, ниже некоторого значения. В процессе нагревания осуществляется фазовый переход антиферромагнетика в парамагнитное состояние.

Как известно, антиферромагнетизм обнаружен у хрома, марганца и ряда редкоземельных элементов (Ce, Nd, Sm, Tm и др.).

Значения магнитной восприимчивости антиферромагнетиков составляют  $\chi = 10^{-4} - 10^{-2}$  (табл. 1).

Типичными антиферромагнетиками являются простейшие химические соединения на основе металлов переходной группы типа окислов, галогенидов, сульфидов, карбонатов и т.п.

*Ферримагнетики* — это вещества, магнитные свойства которых обусловлены не скомпенсированным антиферромагнетизмом.

Как и ферромагнетики, ферримагнетики обладают высокой магнитной восприимчивостью ( $\chi = 10^1 - 10^3$ ) (табл. 1), которая существенно зависит от значений напряженности магнитного поля и температуры. Наряду с этим ферримагнетики характеризуются рядом существенных отличий от ферромагнитных материалов [4]. Ферримагнетизмом обладают некоторые упорядоченные металлические сплавы, но, главным образом, — различные оксидные соединения, среди которых наибольший практический интерес представляют ферриты.

В настоящее время особое внимание уделяется изучению явления зонного метамагнетизма — скачкообразного перехода парамагнитной системы зонных электронов в магнитоупорядоченное состояние под действием магнитного поля [11].

В этой связи в табл. 1 дополнительно включен новый класс материалов и веществ — «метамгнетики».

*Метамгнетики* — новый класс магнитных веществ и материалов [4], которые в слабых магнитных полях ведут себя как антиферромагнитные, а в сильных магнитных полях — как ферромагнитные, или наоборот. Магнитная восприимчивость таких веществ изменяется скачкообразно под действием магнитного поля. Антиферромагнитными в слабых полях являются MnAs<sub>2</sub>, диспрозий Dy и эрбий Er, а ферромагнитными — MnAs, MnBi, гольмий Ho и тербий Tb (табл. 1).

Приведем определения новых магнитных материалов — сперомагнетиков, асперомагнетиков и спиромагнетиков по данным работы [5].

*Сперомагнетики* — кристаллические и аморфные материалы с равновероятным распределением магнитных моментов в любом микроскопическом объеме (за пределами ближайших соседей), вследствие чего их спонтанная намагниченность равна нулю.

Сперомагнетик — материал с бесконечно большим числом различных расположений магнитных моментов, обладающих спонтанной намагниченностью, равной нулю, и имеющих одно и то же значение энергии. В этих материалах существует громадное число равновероятных метастабильных состояний, переход между которыми приводит к термическому гистерезису намагниченности и к временной нестабильности магнитных свойств. При метастабильных состояниях локальные распределения магнитных моментов ближайших ионов, окружающих данный ион, могут различаться. Подобные состояния называются фрустрированными.

Сперомагнетизм часто возникает в «спиновых» стеклах — системах, являющихся твердыми растворами с небольшой концентрацией магнитных ионов в матрице из «немагнитных» ионов. Такими структурами могут быть также проводящие сплавы с малым содержанием переходных элементов [5].

*Асперомагнетики* — материалы, локализованные магнитные моменты которых ниже температуры магнитного упорядочения  $T_{АСП}$  ориентируются в различных атомных позициях случайным образом, но с преимущественной ориентацией вдоль некоторого направления, вследствие чего возникает спонтанная намагниченность.

Асперомагнетизм довольно часто встречается в аморфных материалах — сплавах (Gd-Al, Gd-Ag, Tb-Ag, Dy-Ni и др.) и соединениях 4f- и 3d-элементов. В ряде этих магнетиков флуктуации обменных полей выражены менее резко. Поэтому в асперомагнетиках преобладает некоторое преимущественное направление для магнитных моментов.

*Сперимагнетики* — материалы, состоящие из двух (или более) магнитных подсистем, связанных между собой отрицательными обменными взаимодействиями. Вследствие этого возникает спонтанная намагниченность. Сперимагнитная структура до некоторой степени похожа на ферримагнитную структуру. В ней также магнитные моменты подрешеток (в кристаллических материалах) или подсистем (в аморфных материалах) направлены противоположно друг другу. Отличие состоит в том, что в сперимагнетике магнитные моменты в одной или обеих подсистемах ориентируются случайным образом в пределах некоторого пространственного конуса. В качестве примера проявления сперимагнетизма можно назвать аморфные соединения Tb-Fe и Tb-Co.

В настоящее время особое внимание уделяется созданию «молекулярных магнетиков», или «молекул-магнитов» (Single-molecule magnets, SMMs) различного состава [12].

Для создания молекулярных магнетиков необходимо выполнение двух условий [13]: 1) подбор «строительных блоков»; 2) поиск современных методов и приемов организации парамагнитных молекул в кристалле или в аморфном твердом теле для обеспечения ферромагнитного порядка спинов.

В качестве строительных блоков используются органические высокоспиновые парамагнитные

молекулы или парамагнитные ионы металлов, как источники несспрєнных электронов, а также органические и элементоорганические мостики, способные реализовать обменные взаимодействия. Состав молекулярных магнетиков безграничен.

Учеными исследуются перспективные подходы к управлению магнитными свойствами молекулярных магнетиков. При этом появляется возможность управлять не только молекулярным, но и кристаллическим строением веществ за счет организации супрамолекулярных архитектур.

Преимуществом новых молекулярных магнетиков над классическими является то, что в их основе лежат различные молекулярные структуры. Благодаря этому молекулярные магнетики проявляют такие качества, как: высокая магнитная восприимчивость, высокая намагниченность, низкая магнитная анизотропия полупроводниковая и изоляционная электропроводность, модуляция и настройка свойств с использованием приемов органической химии, прозрачность, растворимость, биосовместимость, низкая плотность, механическая гибкость, высокая прочность, низкотемпературная технологичность, совместимость с полимерами для создания композитов, а также низкое загрязнение окружающей среды [13]. Обзор различных структур молекулярных магнетиков приводится в работе [12].

**Информация** — это мера неоднородности распределения энергии системы заряженных частиц материи в пространстве и во времени, результат взаимодействия энергии внешнего зондирующего поля с внутренней энергией материи (вещества), в том числе с потенциальной энергией системы заряженных частиц, находящихся в гравитационном поле. Указанный результат получают в процессе выполнения работы по переносу в пределах данного материала (вещества) энергии системы заряженных частиц из одних точек пространства в другие [1].

Какую информацию получают в результате взаимодействия магнитного поля и вещества? Прежде всего, информацию об изменениях свойств, состояния, структуры вещества и о явлениях и эффектах. В частности, например, получают информацию об изменениях физико-химических параметров вещества, — проводимости, теплопроводности, магнитной и/или диэлектрической проницаемости, механической твердости, объема, веса тела и т.д. (рис. 2 информация). Изменение состояния вещества сопровождается изменением его пластичности, текучести, агрегатного состояния, релаксацией, фазовыми переходами, деформацией тела, изменением состава и др. Причем эти процессы происходят как на микро-, так и на макроуровнях, т.е. на уровне кристаллической решетки, электронной структуры металла, ковалентных связей, формы и т.д. Они сопровождаются явлениями передачи энергии и информации, эффектами Холла, левитации, перемещения, вращения, гравитации и другими.

Следовательно, по результатам взаимодействия энергии магнитного поля с энергией ИО материала или вещества, получают информацию об изменениях свойств, состояния, структуры материала или вещества, а также об эффективности используемых эффектов и явлений, об их новых проявлениях (см. рис. 2, информация).

#### **Выводы**

1. Впервые, с позиции системного подхода, обобщены и классифицированы составные части магнитополевых эффектов и явлений энергия магнитного поля, вещества, материалы и информация. Это позволяет устанавливать новые проявления взаимодействия энергии, материи (веществ и материалов) и информации между собой.

2. Основной силовой характеристикой магнитного поля являются как вектор магнитной индукции, так и вектор напряженности магнитного поля.

3. В слабопроводящих средах значение вектора напряженности магнитного поля уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а в вакууме — постоянно во времени.

4. В практике исследований магнитополуных эффектов генератор магнитного поля рассматривается как магнитосиловой, спектрообразующий (частотозадающий) и формообразующий источник управляемой энергии магнитного поля.

5. Каждый магнитополевой эффект связан с конфигурацией магнитного поля, его пространственно-временной ориентацией по отношению к исследуемому материалу и характером его воздействия на материал или вещество — одиночными импульсами, пачкой импульсов, непрерывным воздействием, комбинированным и др.

6. Создаваемое магнитное поле по своим параметрам и характеристикам должно обеспечивать априори заложенный характер взаимодействия между покоящимися или движущимися электрическими зарядами вещества или материи.

7. Исследуемые материалы должны рассматриваться как открытые или закрытые физические системы замкнутого или разомкнутого типов, статические или динамические. Только в технических системах замкнутого типа выполняется закон сохранения электромагнитной энергии.

8. В результате обобщений и классификации установлено большое разнообразие веществ и материалов, которые в той или иной степени могут взаимодействовать с магнитным полем. Их магнитная проницаемость приводится, как правило, к единице объема, массы или количества.

9. Приведены основные классы магнитных веществ и материалов и их классификация. Среди них различают материалы и вещества, обладающие такими свойствами, как диамагнетизм, супермагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм, метамагнетизм и др. Это свидетельствует о возможности проявления разных эффектов и явлений при взаимодействии их с магнитным полем. Это расширяет наши представления о многообразии природы магнетизма веществ и материалов.

10. Особое внимание учеными уделяется исследованиям молекулярных магнетиков, которые, в отличие от других магнетиков, проявляют такие свойства и качества, как: высокая восприимчивость, высокая намагниченность, низкая магнитная анизотропия, полупроводниковая и изоляционная электропроводность, модуляция и настройка, свойств с помощью приемов органической химии, прозрачность, растворимость,

биосовместимость, механическая гибкость, высокая прочность, низкотемпературная технологичность, совместимость с полимерами для создания композитов и др.

11. Не вызывает сомнения, что информация — это результат взаимодействия вещества (материи) и магнитного поля. Благодаря взаимодействию получают информацию об изменениях свойств, состояния, структуры материала или вещества, о проявлениях всевозможных явлений и эффектов. Полученную информацию используют для управления процессом взаимодействия энергии поля и вещества.

12. Благодаря выполнению конкретных условий осуществления взаимодействия энергии и материи обеспечивается возможность открытия и теоретически обоснованного получения новых эффектов и явлений.

13. Приведенные результаты исследований являются предтечей к изучению и описанию наиболее значимых и типовых магнитных эффектов, а также к изучению явления передачи энергии и информации сквозь проводящую или слабо проводящую среду.

### Литература

1. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология. Магнитопольная теория измерений с использованием явления переноса энергии и информации сквозь материал или вещество. Ч. 1. Философские аспекты теории /Проблемы управления и информатики. Киев. — 2018. — с. 125-136.

2. Справочник химика 21. <http://chem21.info/info/461013/>.

3. Магнитное поле. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5).

4. Классификация магнитных материалов и требования к ним. <http://электротехнический-портал.rf/electrotechnicheskoye-materialy/225-klassifikatsiya-magnitnykh-materialov.html>.

5. Основы проектирования СВЧ интегральных микросхем. [https://www.bsuir.by/12\\_100229\\_1\\_85510.pdf](https://www.bsuir.by/12_100229_1_85510.pdf).

6. Классификация полупроводников. [http://life-prog.ru/2\\_41755\\_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html](http://life-prog.ru/2_41755_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html).

7. Классификация веществ. [http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB\\_%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F\\_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2\\_\(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F\\_11\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81\)](http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB_%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)).

8. Тема V. Вещества и их свойства. <http://compendium.su/chemistry/11klas/39.html>.

9. Основные классы неорганических веществ. [https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1\\_1\\_1.html](https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1_1_1.html).

10. Глебов А.Н., Буданов А.Р. Магнитохимия: Магнитные свойства и строение веществ. [http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707\\_044.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707_044.pdf).

11. Зонный метамгнетизм. <https://ufn.ru/ru/articles/1988/8/c/>.

12. В.В. Луков, В.А. Коган, И.Н. Щербakov, Л.Д. Попов, С.И. Левченков. Молекулярные магнетики: экспериментально-теоретические основы дизайна магнитных материалов будущего. 2011 г. [http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41\\_Lukov-1.pdf](http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41_Lukov-1.pdf).

13. Молекулярные магнетики – от теоретических знаний к практическому применению (Методическое пособие). <http://iopc.ru/base/File/Bezkishko/magnetics.pdf>.

### References

1. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya. Magnitopolevaya teoriya izmereniy s ispol'zovaniyem yavleniya perenosy energii i informatsii skvoz' material ili veshchestvo. CH. 1. Filosofskiye aspekty teorii /Problemy upravleniya i informatiki. Kiev. — 2018. — s. 125-136.

2. Spravochnik khimika 21. <http://chem21.info/info/461013/>.

3. Magnitnoye pole. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5).

4. Klassifikatsiya magnitnykh materialov i trebovaniya k nim. <http://elektrotehnicheskij-portal.rf/electrotechnicheskoye-materialy/225-klassifikatsiya-magnitnykh-materialov.html>.

5. Osnovy proyektirovaniya SVCH integrirnykh mikroskhem. [https://www.bsuir.by/12\\_100229\\_1\\_85510.pdf](https://www.bsuir.by/12_100229_1_85510.pdf).

6. Klassifikatsiya poluprovodnikov. [http://life-prog.ru/2\\_41755\\_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html](http://life-prog.ru/2_41755_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html).

7. Klassifikatsiya veshchestv. [http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB\\_%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F\\_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2\\_\(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F\\_11\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81\)](http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB_%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)).

8. Tema V. Veshchestva i ikh svoystva. <http://compendium.su/chemistry/11klas/39.html>.

9. Osnovnyye klassy neorganicheskikh veshchestv. [https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1\\_1\\_1.html](https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1_1_1.html).

10. Glebov A.N., Budanov A.R. Magnitokhimiya: Magnitnyye svoystva i stroyeniye veshchestv. [http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707\\_044.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707_044.pdf).

11. Zonnyy metamagnetizm. <https://ufn.ru/ru/articles/1988/8/c/>.

12. V.V. Lukov, V.A. Kogan, I.N. Shcherbakov, L.D. Popov, S.I. Levchenkov. Molekulyarnyye magnetiki: eksperimental'no-teoreticheskiye osnovy dizayna magnitnykh materialov budushchego. 2011 g. [http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41\\_Lukov-1.pdf](http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41_Lukov-1.pdf).

13. Molekulyarnyye magnetiki - ot teoreticheskikh znaniy k prakticheskomu primeneniyu (Metodicheskoye posobiye). <http://iopc.ru/base/File/Bezkishko/magnetics.pdf>.

Рецензія/Peer review : 29.02.2018 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2018 р.

Рецензент

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ.  
МАГНИТОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ  
ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ СКВОЗЬ МАТЕРИАЛ ИЛИ  
ВЕЩЕСТВО**

**ЧАСТЬ 2.1. УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ МАГНИТОПОЛЕВЫХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ**

*Аннотация*

*В работе рассмотрены новые представления о конфигурации магнитного поля постоянного магнита. Рассмотрены условия проявления и сущность ряда магнитополевых эффектов и явлений, приведены соответствующие иллюстрации и пояснения.*

*Обобщены и классифицированы данные о многообразии эффектов и явлений взаимодействия магнитного поля с материей и условиях, при которых возможно получение этих эффектов и явлений. Показано, что благодаря выполнению конкретных условий осуществления взаимодействия энергии и материи обеспечивается возможность открытия и теоретически обоснованного получения новых эффектов и явлений.*

*На конкретных примерах показано, при каких условиях достигается левитация диамагнетиков в постоянном и в переменном магнитном поле. Это подтверждает необходимость соблюдения общих и частных требований к каждому исследуемому материалу (веществу) и к источнику магнитного поля.*

*Установлено, что исследуемые объекты (материалы) должны рассматриваться как открытые или закрытые физические системы замкнутого или разомкнутого типов, статические или динамические. Только в технических системах замкнутого типа выполняются законы сохранения электромагнитной и механической энергий.*

*Показана огромная роль конфигурации магнитного поля на получение устойчивого во времени и в пространстве магнитополевого эффекта и явления.*

*Работа представляет интерес для метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих магнитополевые эффекты и явления, пути и методы их использования при создании сенсоров физических величин, а также измерения свойств материалов, подверженных воздействию магнитных полей.*

*Ключевые слова: магнитополевой эффект, явление, магнитное поле, материал, вещество.*

**V.T. KONDRATOV**

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**FUNDAMENTAL METROLOGY.**

**THE MAGNETIC-FIELD THEORY OF MEASUREMENTS WITH USE THE PHENOMENON  
OF TRANSFER OF ENERGY OR INFORMATION THROUGH MATERIAL OR SUBSTANCE**

**Part 2.1. Conditions of manifestation of magnetic-field effects and phenomena**

*Abstract —In paper new representations about a configuration of a magnetic field of a constant magnet are considered. The conditions of manifestation and the essence of a number of magnetic field effects and phenomena are considered in the paper, corresponding illustrations and explanations are given.*

*Data on the variety of effects and phenomena of the interaction of a magnetic field with a matter and the conditions under which these effects and phenomena are possible are generalized and classified. It is shown that, due to the fulfillment of specific conditions for the interaction of energy and matter, it is possible to discover and theoretically substantiate the receipt of new effects and phenomena.*

*On concrete examples it is shown, under what conditions the levitation of diamagnetics in constant and in a variable magnetic field is reached. It confirms necessity of observance of the general and private requirements to each investigated material (substance) and to a magnetic field source.*

*It is established that the investigated objects (materials) should be considered as open or closed physical systems of closed or open types, static or dynamic. Only in technical systems of a closed type are the laws of conservation of electromagnetic and mechanical energy fulfilled.*

*The huge role of the magnetic field configuration for achieving the magnetic-field effect and the phenomenon, stable in time and in space, is shown.*

*The paper is of interest for metrologists, experts, masters and the post-graduate students studying magnetic-field effects and the phenomena, ways and methods of their use at creation of sensor controls of physical sizes, and also measurements of properties of the materials subject to influence of magnetic fields.*

*Keywords: magnetic-field effect, the phenomenon, a magnetic field, a material, substance.*

**Введение**

В настоящее время особое внимание уделяется исследованиям энергии Ферми и дискретных энергетических уровней Ландау различных материалов и веществ макро- и микромира. Установлено, что их измерение возможно при условии раскрытия сущности магнитополевых эффектов взаимодействия отрицательно заряженных частиц вещества и материала с магнитным полем.. Изучение электрических и электроизоляционных свойств листовых материалов на нано уровне связано, как правило, с разными магнитополевыми эффектами. Отсутствие методов и средств измерений энергии листовых материалов, обусловлено отсутствием понимания сущности и условий проявления магнитополевых эффектов, взаимо-

действия магнитного поля и вещества (материала). В этой связи задача изучения природы магнитопольевых эффектов несомненно является актуальной. Она неразрывно связана с созданием и установлением условий, при которых эти эффекты проявляются, с изучением процессов взаимодействия магнитного поля того или иного диапазона частот и конфигурации с исследуемым листовым материалом или веществом.

В работе описана сущность наиболее интересных магнитопольевых эффектов и явлений, приведены соответствующие иллюстрации, установлены и указаны основные условия их воспроизведения.

*Объект исследований* — магнитопольевые эффекты и явления.

*Предметом исследований* являются: явление двухконтурного распределения замкнутых силовых линий напряженности магнитного поля искусственно созданного постоянного магнита прямоугольной формы, установление основных условий взаимодействия магнитного поля и материала (вещества), выбор формы и магнитных свойств материала, спектрального состава и конфигурации магнитных полей, воздействующих на данный материал (вещество), при которых имеет место проявление того или иного магнитопольевого эффекта или явления.

*Целью работы* является изучение фундаментальных магнитопольевых эффектов и явлений и условий их возникновения или проявления.

### **Результаты исследований**

#### ***Философские аспекты***

В работе [1] изложены философские аспекты магнитопольевой теории измерений. Для их расширения рассмотрим сущность и уточним определения ряда понятий, которые используются при описании магнитопольевых эффектов и явлений: магнитный экватор, экваториальная линия, магнитная яма, магнитная подушка и конфигурация магнитного поля.

Примем называть «экватором» постоянного магнита условную линию его сечения горизонтальной плоскостью, проходящей через геометрический центр магнита, перпендикулярно его вертикальной оси симметрии.

Объемное магнитное поле обычно представляется в виде трехмерного геометрического образа (фигуры), обладающего осью симметрии ( $N-S$ ), и перпендикулярной ей плоскости симметрии. Последняя разделяет геометрический образ магнитного поля на две равновеликие (подобные) северную и южную части. Для такого образа «магнитный экватор» — это воображаемая линия соприкосновения с плоскостью симметрии равновеликих, но диаметрально противоположных изображений северной и южной частей (полюсов) магнитного поля.

В общем случае положение экватора постоянного магнита не совпадает с положением магнитного экватора магнитного поля этого магнита. Последнее объясняется неоднородностью структуры материала, из которого выполнен постоянный магнит, например, прямоугольной или цилиндрической формы.

«Магнитным экватором» будем называть условную линию сечения магнитного поля постоянного магнита горизонтальной плоскостью, проходящей через геометрический центр симметрии перпендикулярно вертикальной оси симметрии, соединяющей северный и южный полюсы постоянного магнита.

Синонимом понятия «магнитный экватор» является понятие «экваториальная линия» магнита (или трехмерного геометрического образа магнитного поля), т.е. линия сечения объемного магнитного поля горизонтальной плоскостью, проходящей через геометрический центр постоянного магнита перпендикулярно вертикальной оси симметрии, соединяющей северный и южный полюса этого магнита.

Упомянутую горизонтальную плоскость будем называть «экваториальной плоскостью» магнита или магнитного поля, которая является источником информации о степени неоднородности энергии поля или неоднородности вещества, из которого выполнен магнит. В идеальном постоянном магните экваториальная плоскость является плоскостью раздела на две равновеликие по объему части (с северным и южным полюсами) как самого магнита, так и силовых линий магнитного поля, охватывающие эти части магнита.

На практике создать идеальный магнит затруднительно. Неоднородность материала, из которого изготавливается постоянный магнит, приводит к асимметрии частей и полей магнита, к искажению формы экваториальной линии и к неоднородности поверхности экваториальной плоскости.

*Магнитопольевая среда* — материальная среда (эфир), в которой осуществляется взаимодействие материи, энергии и информации.

*Магнитопольевая подушка* — совокупность силовых линий магнитного поля определенной плотности и конфигурации, способная удерживать в подвешенном состоянии (без точки опоры) тело, обладающее магнитными свойствами, определенной формы (конфигурации), структуры, размеров и веса в течении заданного интервала времени.

*Конфигурация магнитного поля* — совокупность частиц с магнитными дипольными моментами, представляющие собой силовые линии магнитного поля разной объемной плотности, формы и значений векторов индукции магнитного поля в каждой точке пространства, окружающего источник магнитного поля, состояние которых описывается структурными и/или функциональными моделями.

Визуализация силовых линий магнитного поля может быть осуществлена с помощью элементарных частиц — фотонов.

#### ***Новые представления о конфигурации магнитного поля постоянного магнита***

XXI век ознаменовался важным событием в физике. В 2015 году было экспериментально установлено (см. [2, 3]) явление распределения замкнутых магнитных силовых линий постоянных магнитов прямоугольной, цилиндрической и шарообразной формы в виде двух объемных (трехмерных) составляющих магнитного поля, расположенных сверху и снизу от экваториальной плоскости постоянного магнита, перпендикулярной его оси симметрии, проходящей через южный и северный полюса этого магнита.



Магнитные силовые линии начинаются от правой (восточной) стороны магнитного экватора, разделяющего магнит на две равнозначные части, распространяются в направлении расположения южного и северного магнитных полюсов по часовой и против часовой стрелки, соответственно, а затем эти линии замыкаются на левой (западной) стороне «магнитного экватора».

Другими словами, выделены два замкнутых контура распределения магнитных силовых линий постоянного магнита с востока на запад (или справа на лево) через, соответственно, южный и северный полюса магнита (рис 1, б, идеализированная диаграмма) [3, 4].

Явление двухконтурного распределения замкнутых силовых линий напряженности магнитного поля постоянного магнита назовем «явлением Владимира Великого»<sup>1</sup>, экспериментальные исследования которого и привели к открытию данного явления ( см. видеоролики [3, 4]).

К сожалению, на сегодня отсутствует математическая модель классического представления распределения силовых линий магнитного поля постоянного магнита (рис 1, в), не представлена и не описана адекватная математическая модель открытого явления (рис. 1, а, б).

На рис. 1, а, приведены экспериментально полученные и продемонстрированные на YouTube (см. видеоролики [3, 4]) графические изображения замыкающихся на магнитном экваторе силовых линий напряженности магнитного поля постоянного магнита прямоугольной формы. Как видно из рис. 1, а, б, входящие слева (с запада) и выходящие справа (с востока) силовые линии напряженности постоянного магнитного поля напоминают собой цифру восемь.

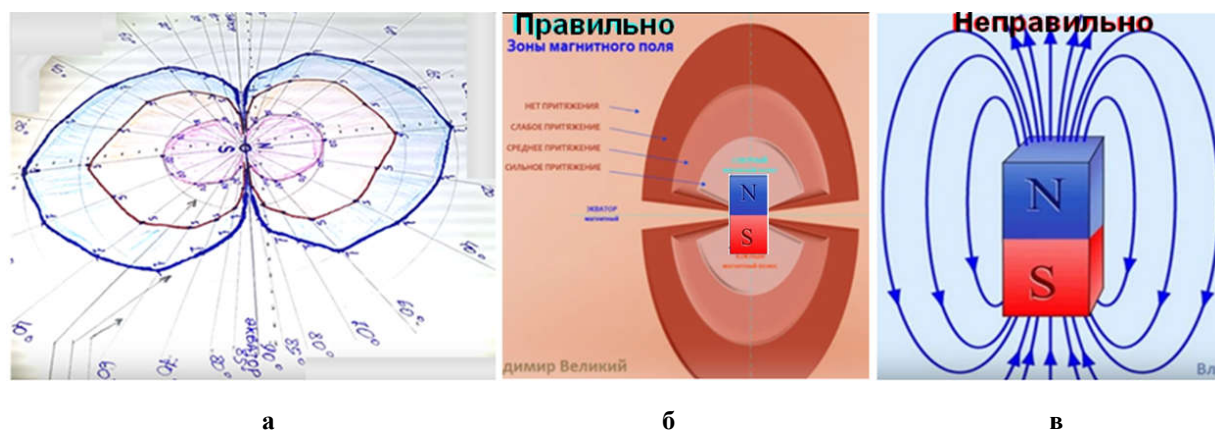


Рис. 1. Графические изображения: а) экспериментально снятой диаграммы; б) правильной диаграммы; в) неправильной диаграммы силовых линий магнитного поля прямоугольного по форме постоянного магнита

На рис. 1, б и на рис. 2 приведены изображения правильного, а на рис. 1, в неправильного распределения силовых линий магнитного поля постоянного магнита прямоугольной формы по данным работ [3, 4].

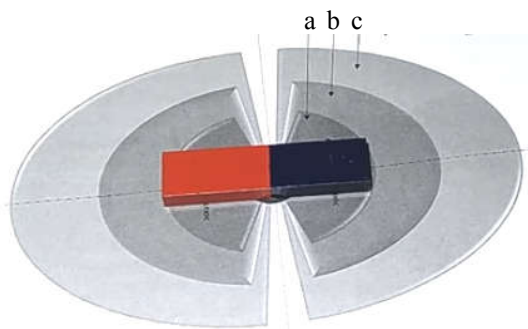


Рис. 2. Изображение проекции зон напряженности магнитного поля постоянного магнита: сильной (а), средней (б) и слабой (с)

В области «магнитного экватора» силовые линии напряженности магнитного поля расположены параллельны друг другу, направлены с запада на восток и имеют весьма малое значение вектора индукции магнитного поля, несмотря на большую плотность сосредоточения (рис 1, б и рис. 2). Входящие и выходящие силовые линии магнитного поля северного и южного полюсов постоянного магнита создают между собой весьма малый по значению и трудно различимый угол, зависящий от значения вектора индукции магнитного поля южного и северного полюсов магнита.

Внутри экваториальной плоскости силовые линии магнитного поля устанавливаются параллельно друг другу и создают эффект взаимного отталкивания и уплотнения. При неоднородной структуре материала магнита линия магнитного экватора становится ломанной, а поверхность магнитного экватора становится неоднородной [4]. В идеале магнит должен быть выполнен в виде открытой физической системы разомкнутого типа из материала с идеально однородной структурой, строго прямоугольной формы, отвечать принципу (закону) симметрии и иметь соответствующие центры симметрии.

Классическая физика считает, что силовые линии напряженности магнитного поля постоянного магнита направлены от северного полюса к южному (рис. 1, в). Это не правильное представление. На самом деле замкнутые силовые линии напряженности магнитного поля постоянного магнита входят в магнитный экватор слева (с запада), а выходят справа (с востока), и возвращаются на лево (на запад) через вершины, соответственно, южного и северного магнитных полюсов, имеющих максимальные значения вектора индукции магнитного поля (рис 1, а, рис. 2). В области магнитного экватора значение вектора индукции весьма мало, но не равно нулю.

<sup>1</sup> по имени исследователя

Покажем, что справедливость открытого явления подтверждается законом сохранения энергии магнитного поля. Для постоянного магнита строго прямоугольной формы, выполненного из однородного материала и разделенного на две части условной линией — магнитным экватором, данный закон формулируется следующим образом: «относительно магнитного экватора значение энергии магнитного поля северного полюса постоянного магнита равно значению энергии магнитного поля южного полюса данного магнита», но вектора индукции магнитных полей направлены в диаметрально противоположные стороны, — к северному и к южному полюсам постоянного магнита соответственно».

Математически этот закон описывается равенствами:

$$\int_{V,S} w_S(\vec{r},t)dV = - \int_{V,S} w_N(\vec{r},t)dV, \quad (W_S = -W_N) \quad (1)$$

или

$$\int_{V,S} w_S(\vec{r},t)dV + \int_{V,S} w_N(\vec{r},t)dV = \text{const}, \quad (W_S + W_N) = W_\Sigma = \text{const}, \quad (2)$$

где  $S$  — параметр, характеризующий неизменность структуры материала, из которого выполнен постоянный магнит ( $S$  — первая буква английского слова «structure»), причем однородность структуры описывается условием  $S_S = S_N = S$ ;  $V$  — объем северной и южной условно разделенных магнитным экватором частей постоянного магнита прямоугольной формы, для которого  $V = k_2 \cdot l \cdot s$ , где  $k_2 = 2$ , т.е. объем северной или южной части равен произведению длины «северной» или «южной» части на площадь поперечного сечения магнита;  $w_S$  и  $w_N$  — объемная плотность распределения энергии магнитного поля, соответственно, южной и северной условных частей магнита;  $t$  — время, в течении которого максимальное значение энергии магнитного поля сохраняется неизменным;  $\vec{r}$  — некоторый условный радиус-вектор, в пределах которого проявляется действие энергии магнитного поля; «-» знак, характеризующий диаметрально противоположное направление векторов индукции магнитного поля северного полюса по отношению к южному;  $W_S$  и  $W_N$  — энергии магнитного поля южной и северной условных частей постоянного магнита.

Приведенные равенство (1) и (2) являются математическими моделями магнитного поля постоянного магнита и описывают именно две его составляющие. Суммарная энергия постоянного магнита есть величина постоянная (см. (2)).

При наличии неоднородностей в одной (например, южной) условной части постоянного магнита по отношению к другой (северной) части закон сохранения энергии математически описывается уравнением величин:

$$\int_{(V+\Delta V),S} w_S(\vec{r},t)dV - \int_{\Delta V,S_S} \Delta w_S(\vec{r},t)d\Delta V = - \int_{V,S} w_N(\vec{r},t)dV, \quad (3)$$

где  $\Delta V$  — изменение объема вещества (и энергии), обусловленное микропорами и другими неоднородностями структуры материала магнита;  $\int_{\Delta V,S_S} \Delta w_S(\vec{r},t)d\Delta V$  — изменение энергии магнитного поля южного

полюса относительно северного за счет неоднородности структуры материала.

Согласно (3), уменьшение объемной плотности энергии магнитного поля автоматически компенсируется увеличением объема этой части на  $\Delta V$  за счет смещения «магнитного экватора» на  $\Delta l = \Delta V / s$  ( $s$  — площадь поперечного сечения магнита прямоугольной формы) к противоположному полюсу (в данном случае к «северному полюсу»). Экспериментально это было подтверждается смещением «магнитного экватора», как показано на рис. 3 (см. светлые поперечные линии и полосы на магниточувствительной пленке, приложенной к постоянному магниту).

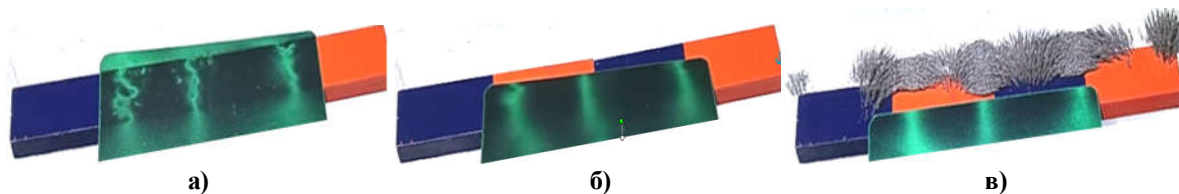


Рис. 3. Изображения формы смещенных экваториальной линией постоянных магнитов (светлозеленые линии) и силовых линий магнитного поля, обусловленные неоднородностью структуры материала

В качестве примера на рис. 4, а, б приведены изображения распределения силовых линий магнитного поля постоянных магнитов цилиндрической и шарообразной формы с использованием визуализатора магнитного поля [6]. Визуализатор изготовлен молодым исследователем магнитных полей постоянных магнитов Игорем Белецким с использованием магнитной жидкости и магнитооптического эффекта. Данные изображения получены в декабре 2017 года и опубликованы в [7]. Они убедительно

подтверждают наличие «явления Владимира Великого» для постоянных магнитов.

Открытие явления двухконтурного распределения замкнутых силовых линий напряженности магнитного поля постоянного магнита имеет важное народнохозяйственное значение. Так, например, известен китайский метод выращивания картофеля и получения урожая до 24 кг с одного куста (см. [8]). Согласно этому методу, в каждом клубне вырезается бороздка, как показано на рис. 5, а, в, в результате форма клубня становится подобной форме магнитного поля постоянного магнита.

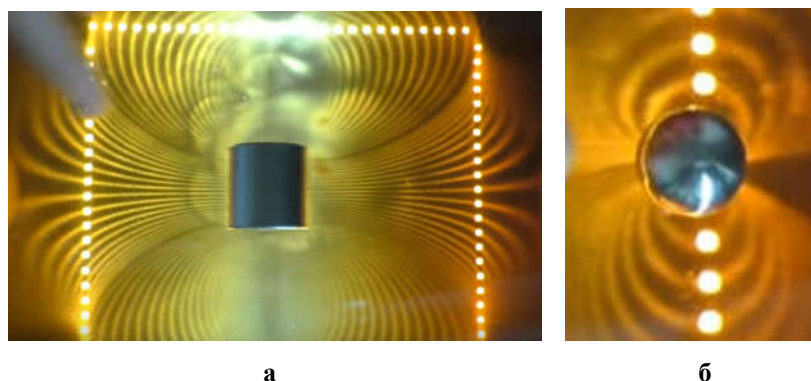


Рис. 4. Распределение магнитного поля постоянных магнитов цилиндрической и шарообразной формы

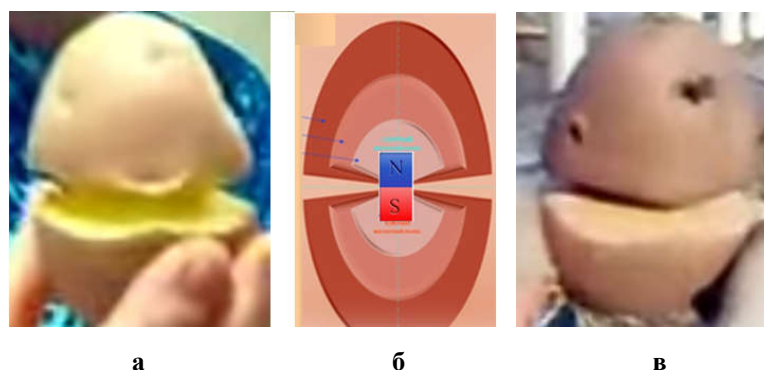


Рис. 5. Форма картофеля, подобная форме магнитного поля постоянного магнита

Благодаря такой форме клубня и его правильного расположения в почве относительно северного и южного магнитных полюсов Земли, происходит накопление энергии этого магнитного поля, активизация процесса роста стеблей из каждого глазка картофеля и, как следствие, получение высокого урожая картофеля. Конечно, эта гипотеза требует своего дополнительного изучения и исследования для разных сортов картофеля при строгом соблюдении китайской технологии его выращивания.

Таким образом, существование «явления Владимира Великого» не вызывает сомнений и достойно признания научной общественностью.

#### ***Эффекты и явления взаимодействия магнитного поля с веществом***

Анализ состояния проблемы выявления и изучения разновидностей магнитоплевых эффектов и явления дало возможность классифицировать эффекты взаимодействия магнитного поля и вещества (рис. 6). В основу классификации положены такие классификационные признаки, как: выделение двух категорий материального мира; разновидности веществ и материалов по магнитной восприимчивости; вид представляемой (исследуемой) системы; тип материальной системы; состояние системы во времени; природа базовых видов эффектов и явлений, используемая энергия магнитного поля, частотный диапазон воздействий, конфигурация магнитного поля и наблюдаемые или измеряемые эффекты (процессы и параметры). Данная совокупность классификационных признаков позволяет использовать общенаучную методологию системного подхода, объединить условия и требования, предъявляемые к исследуемому веществу, материалу и магнитному полю при воспроизведении тех или иных магнитоплевых эффектов и явлений.

По первому признаку следует различать эффекты, обусловленные взаимодействием магнитного поля с веществами разной физической природы, магнитного поля с материалом, полученным из одного вещества или из группы веществ. В последнем случае учитываются всевозможные химические взаимодействия между веществами данной группы, приводящие к получению новых физико-химических, в том числе и магнитных, свойств материалов.

По признаку «разновидность веществ и материалов по магнитной восприимчивости» различают магнитоплевые эффекты, проявляющиеся в разной степени при воздействии магнитных полей на диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, ферромагнетики, ферромагнетики, ферромагнетики, ферромагнетики и т.д. и т.п.

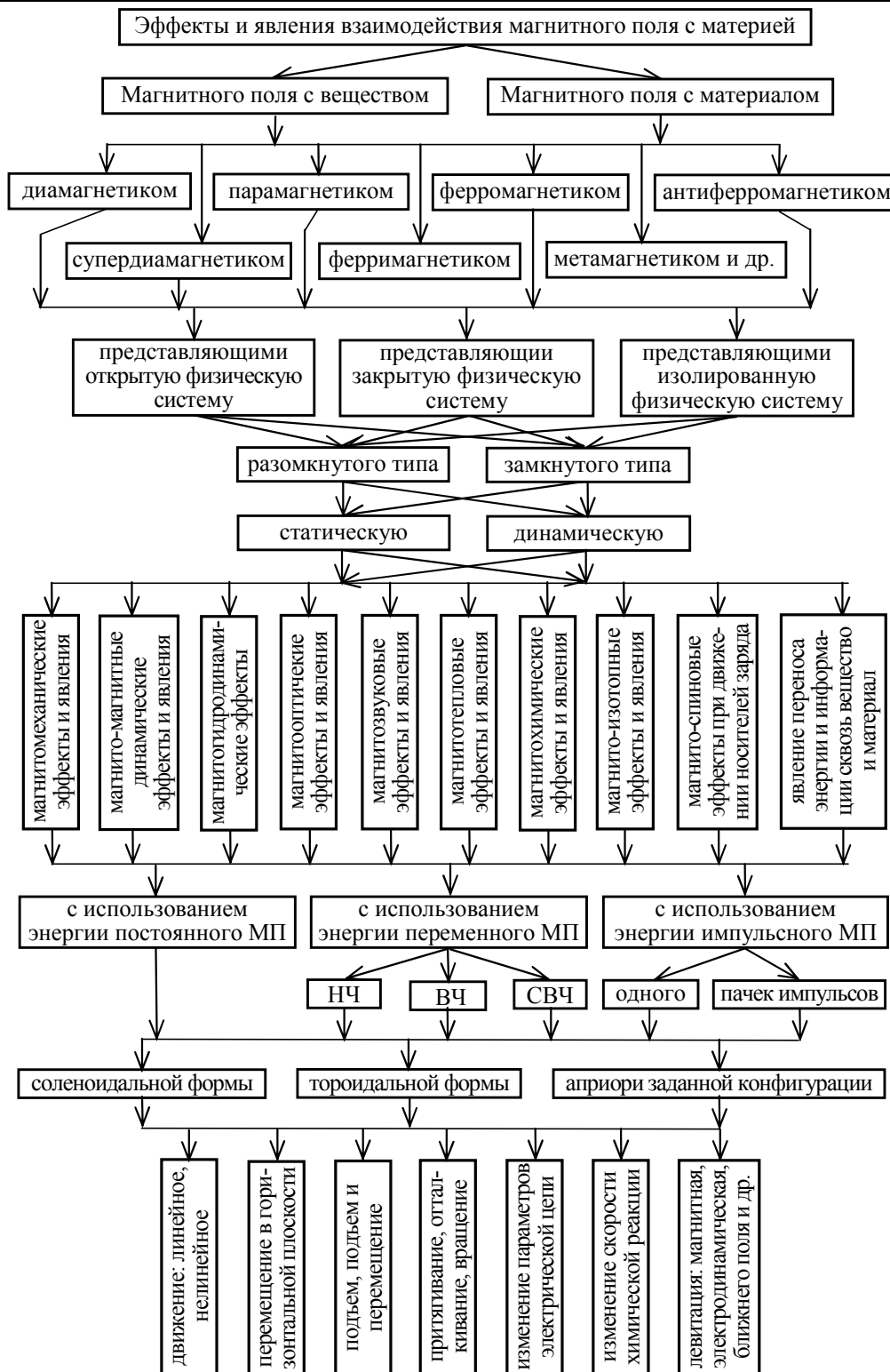


Рис. 6. Классификация эффектов взаимодействия магнитного поля и вещества

Системный подход предполагает, чтобы объект исследований представлял собой физическую, механическую или техническую систему определенного вида (открытую или закрытую), разомкнутого или замкнутого типа, проявляющую себя во времени и/или в пространстве, т.е. статическую или динамическую. Без знания этих аспектов невозможно практическое обнаружение или воспроизведение магнитопольных эффектов.

По физической «природе базовых видов эффектов и явлений» следует выделить следующие: магнито-механические эффекты и явления, магнито-магнитные динамические эффекты и явления, магнитогидродинамические, магнитооптические, магнитозвуковые, магнитотепловые, магнитохимические, магнитоизотопные, магнито-спиновые эффекты при движении носителей заряда, явление переноса энергии и информации сквозь вещество и материал и т.д.

По признакам «используемая энергия магнитного поля» и «частотный диапазон воздействий», различают эффекты и явления взаимодействия вещества и материала, полученные с использованием энергии постоянных,



переменных и импульсных (одиночного или группы импульсов) магнитных полей диапазона инфранизких, низких, высоких и сверхвысоких частот.

Важную роль в воспроизведении магнитопольевых эффектов и явления играет конфигурация магнитного поля используемого источника. По данному признаку различают эффекты и явления, полученные при использовании магнитных полей соленоидальной, тороидальной и иных форм, которые априори формируются с учетом поставленной задачи. Многочисленные исследования и эксперименты, демонстрируемые в YouTube, показали, что, например, эффект левитации не возможен без формирования «магнитной ямы» с помощью электромагнита или постоянных магнитов, что будет показано ниже.

По признаку «наблюдаемые или измеряемые эффекты (процессы и параметры)» выделяют следующие: линейное и нелинейное движение, перемещение в горизонтальной плоскости, подъем, перемещение и подъем, притяжение, отталкивание, вращение, изменение параметров электрической цепи, магнитная левитация, электродинамическая и другие (рис. 4).

Отличительной особенностью приведенной классификации является введение признаков, характеризующих условия проявления и получения магнитопольевых эффектов, связанные как с видом физической системы, так и с конфигурацией магнитного поля, действующего на эту систему. Напомним, что только в технических системах замкнутого типа выполняется закон сохранения энергии электромагнитного поля.

Благодаря многообразию материалов и разных форм взаимодействия их с магнитными полями, возможно получение ценной информации о результатах их взаимодействия и особенностях проявления тех или иных магнитопольевых эффектов и явлений. Наибольший интерес представляют те эффекты, которые связаны с движением, перемещением, вращением, нагревом, с изменением свойств элементов электрической цепи, со скоростями протекания химических реакций и т.п.

### **Магнитная левитация**

Одним из важных эффектов взаимодействия магнитного поля и вещества является магнитная левитация. Магнитная левитация — это не технология и не метод подъема, как утверждается в Википедии [9], а процесс.. Предлагается иное, научное определение понятия «магнитная левитация»:

«*Магнитная левитация* — процесс изменения и удержания без точки опоры пространственного положения материального объекта, выполненного из материала или вещества с определенными магнитными свойствами и взаимодействующие с искусственно сформированным магнитным полем заданной конфигурации, направленного перпендикулярно горизонтальной плоскости поверхности материального объекта, расположенного над источником магнитного поля».

Приведем несколько примеров, подтверждающие важность выбора конфигурации магнитного поля и формы материального объекта при получении магнитопольевого эффекта левитации.

В [9] продемонстрирован эффект левитации (зависания без точки опоры) массивного алюминиевого диска над мощным электромагнитом. Последний питается от сети переменного тока 220 В, частотой 50 Гц. На рис. 7 приведены иллюстрации данного магнитопольевого эффекта, где: а) конструкция электромагнита; б) обесточенный электромагнит с диском из диамагнетика, в) включенный электромагнит с левитирующим диском.



а б в  
Рис. 7. Иллюстрация магнитопольевого эффекта взаимодействия полей электромагнита и алюминиевого диска

Зависание диска над электромагнитом объясняется тем, что, при прохождении электрического тока через электромагнит возникает переменное магнитное поле. Последнее индуцирует в алюминиевом диске вихревые токи (токи Фуко). Последние, в свою очередь, создают переменное электромагнитное поле, силовые линии которого направлены навстречу силовым линиям напряженности магнитного поля электромагнита. Сила Ампера, возникшая в результате действия магнитного поля электромагнита на алюминиевый диск (диамагнетик), компенсирует силу тяжести алюминиевого диска при определенном значении силы тока в электромагните. В результате отталкивания одноименных полюсов магнитных полей и возникает эффект зависания (левитации) алюминиевого диска над поверхностью электромагнита.

Стабилизация положения алюминиевого диска осуществляется за счет выбора его диаметра меньшим диаметра электромагнита на (10 – 20)%, а также за счет формирования конфигурации магнитного поля в виде «магнитной ямы», точнее в виде упругой «магнитопольевой подушки», на которую «ложится» алюминиевый диск. Дополнительная стабилизация положения диска осуществляется за счет создания небольших отверстий (диаметром несколько миллиметров) в верхней части (на фасадной стороне) сердечника электромагнита, как показано на рис. 7, а. Это дополнительно увеличивает число центров формирования вихревых токов (токов Фуко) и их взаимосвязей с магнитным полем электромагнита, изменяя конфигурацию магнитного поля электромагнита. Об этих особенностях в работе [9] ничего не сказано.

Важным аспектом проявления описанного эффекта является формирование электромагнитом магнитного поля соленоидальной формы. Об этом свидетельствует сквозное отверстие в центре электромагнита (рис. 8, а), Соленоидальная форма магнитного поля обеспечивает формирование «магнитолевой подушки», на которой и покоится алюминиевый диск, демонстрируя эффект левитации. Второй особенностью реализации магнитолевого эффекта является выбор диска в форме круга, как и электромагнит, но диаметром на (10 – 20)% меньшим. При разнотипных формах поверхностей (круглая и квадратная, круглая и треугольная и т.д.) удерживать диска в подвешенном состоянии невозможно. Стабилизация положения алюминиевого диска возможна и при изготовлении в нем небольших отверстий, расположенных по окружности, как и в самом электромагните.

Некоторые исследователи магнитных полей считают, что эффект магнитной левитации невозможно получить с помощью постоянного магнитного поля. Это действительно так, если: не формировать и не использовать конфигурацию постоянного магнитного поля с «магнитной ямой» или «магнитной подушкой», не выполнить системное условие (требование), заключающееся в том, что исследуемый объект должен представлять собой систему замкнутого типа. В противном случае задача решается.

В качестве примера приведем данные работы [10]. Для достижения левитации использовалась матрица из шести неодимовых постоянных магнитов (рис. 8, кубики 5x5x5 мм). Магниты были расположены на стальное основание определенным образом: полюса магнитов выровнены по вертикали и чередовались (два верхних магнита установлены таким образом, чтобы северные магнитные полюса находились сверху, а два нижних магнита были расположены южными магнитными полюсами сверху) по диагонали.

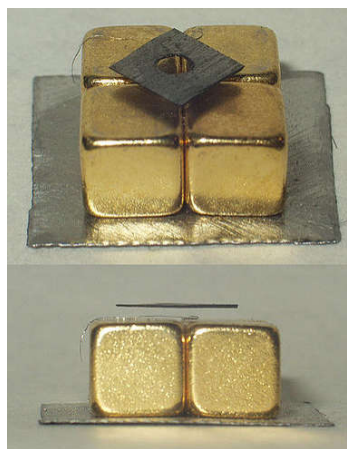


Рис. 8. Магнитная левитация

Необходимо обратить внимание на тот факт, что объект исследованных выполнен из диамагнитного материала. В качестве последнего была использована пластина из пиролитического графита (6x6 мм). С физической точки зрения данный объект представляет собой систему замкнутого типа. На это указывает отверстие по центру графитовой пластины. Наличие отверстия обеспечивает появление концентрических токов Фуко, а следовательно, и наводимого ими магнитного поля, противодействующего магнитному полю неодимовых магнитов. Последние, как известно, изготавливаются из материала с высокой остаточной магнитной индукцией и сохраняют состояние намагниченности в течение длительного времени.

Благодаря использованию шести неодимовых магнитов в виде кубиков, создается определенная конфигурация магнитного поля — в виде «магнитной ямы», обеспечивающая левитацию пиролитической графитовой пластины при использовании магнитного поля постоянного магнита (рис. 8, нижнее изображение). Следовательно, одним из требований по осуществлению левитации является создание «магнитной ямы», другим — использование механической системы замкнутого типа, выполненной из диамагнетика, т.е. материала с магнитной проницаемостью меньшей единицы. Получение информации о высоте подъема левитирующей пластины может быть осуществлено с использованием оптических методов измерений малых расстояний, например, с помощью интерферометра Майкельсона — путем измерения (или по результатам измерений) разности хода двух ИК-лучей, отраженных от неодимового магнита (через отверстие в пластине) и от поверхности левитирующей графитовой пластины.

#### *Магнитная динамическая левитация*

Рассмотрим динамическую левитацию кольцевого неодимового магнита в магнитном поле другого постоянного магнита. В качестве примера на рис. 9 приведено изображение динамической левитации кольцевого неодимового постоянного магнита малого диаметра над кольцевым постоянным магнитом большого диаметра по данным работы [11]. Стабилизация положения левитирующего магнита достигается благодаря созданию и использованию гироскопического эффекта при условии конструктивного исполнения магнита малого диаметра в виде волчка, вращающегося вокруг вертикальной оси симметрии (рис. 9, а).

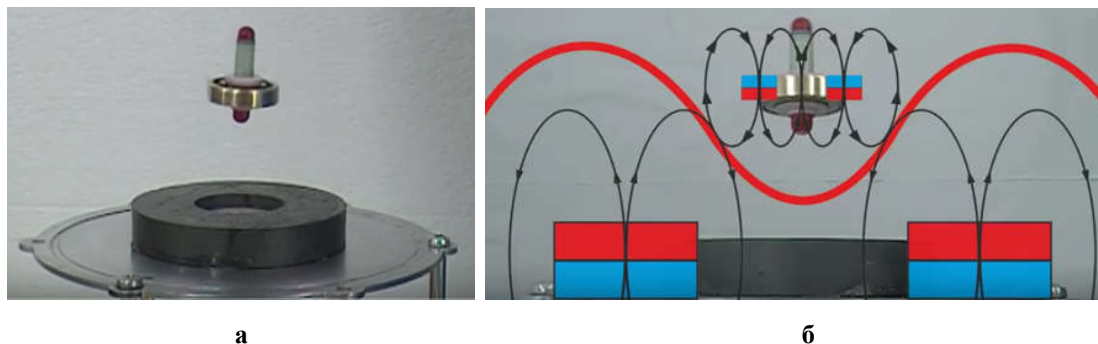


Рис. 9. Динамическая левитация при использовании постоянных магнитов

Графические построения, приведенные на рис. 9, б, показывают, что левитация постоянного магнита малого диаметра достигается за счет наличия «магнитной ямы» между магнитами (рис. 9, б, вогнутая часть синусоиды

красного цвета). Фактически эффект левитации возможен только при использовании гироскопического эффекта, обеспечивающего стабилизацию положения неодимового постоянного магнита.

Приведенные примеры свидетельствуют о возможности получения левитации некоторых объектов (тел) как в переменном, так и в постоянном магнитном поле при выполнении указанных условий и требований.

#### **Воспроизведение совокупности магнитопольных эффектов**

Еще одним примером, подтверждающим необходимость создания магнитного поля заданной конфигурации для воспроизведения магнитопольных эффектов, является процесс плавления левитирующего бразца металла в магнитном СВЧ поле [12]. Как видно из рис. 10, б, при изготовлении колебательного контура определенной формы и использовании его в качестве нагрузки СВЧ генераторе, возможно достижение четырех магнитопольных эффектов: левитации, ориентирования, формообразования и плавления. Это стало возможным при условии выполнения выходного колебательного контура мощного СВЧ генератора в форме, подобной форме параболоида вращения. Последнее обеспечивает зависание в фокальной области колебательного контура образца металла за счет возникновения в нем токов Фуко и соответствующего магнитного поля. В рассматриваемом случае был использован металлический ролик цилиндрической формы (рис. 10, а, б, в). Благодаря такой конфигурации магнитного поля образец металла (ролик) сразу ориентируется вдоль силовых линий магнитного поля сверхвысокой частоты (рис. 10, б). Нагрев образца осуществляется за счет высокой плотности энергии СВЧ поля (рис. 10, г, д). Образец нагревается до температуры плавления и принимает форму, соответствующую форме магнитного поля в фокальной области колебательного контура СВЧ генератора (рис. 10, д).

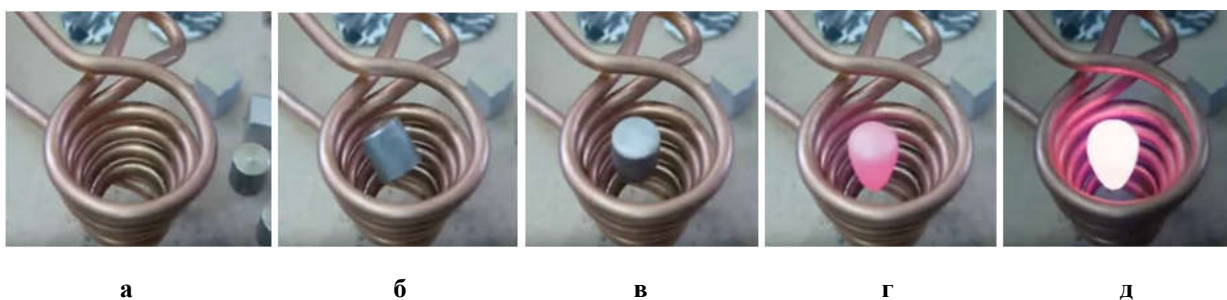


Рис. 10. Четыре разновидности магнитопольного эффекта при СВЧ плавке металла

Информация о температуре нагрева образца металла может быть получена путем ее измерения с помощью ИК-пирометра, путем измерения тока (мощности) в СВЧ контуре или путем отвода части энергии с помощью витка индуктивной связи и измерения соответствующей э.д.с. индукции, связанной с температурой определенной зависимостью.

Таким образом, левитация образца металла может сопровождаться и другими магнитопольными эффектами.

#### **Магнитопольной эффект взаимодействия импульсного магнитного поля и катящегося медного шарика**

Рассмотрим магнитопольной эффект взаимодействия постоянного магнитного поля двух и более квазиидентичных цилиндрических неодимовых магнитов, диаметрально расположенных на вращающемся по (против) часовой стрелке маховике. На рис. 11, а стрелка указывает направление вращения маховика. Медный шарик катящегося по замкнутому контуру (по окружности) подставки из оргстекла с пазами (рис. 11, в, г). Подставка расположена на неподвижном столике (рис. 11, б, в, г) над маховиком с магнитами и соосно с маховиком. Данный магнитопольной эффект демонстрируется в Интернете (см. [12]). Фрагментарно движение медного шарика прототив часовой стрелки показано на рис. 12, а, б, в, г.



Рис. 11. Изображение механической системы для демонстрации действия магнитного поля на медный шарик, где: а) вращающаяся латформа с двумя круглыми неодимовыми магнитами; б) маховик с магнитами и неподвижный столик из изоляционного материала; в) круглая подставка с пазами, расположенными по окружности для направления движения шарика по замкнутому контуру; г) собранная конструкция механической системы замкнутого типа





Рис. 12. Вращение медного шарика против часовой стрелке при вращении маховика с магнитами по часовой стрелке

Сущность магнитного эффекта взаимодействия импульсного магнитного поля и медного шарика, являющегося диамагнетиком, заключается в том, что воздействие на медный шарик радиусом  $r_0$  периодической последовательностью импульсов магнитного поля, формируемой двумя и более постоянными неодимовыми магнитами<sup>1</sup>, диаметрально и симметрично расположенными на вращающемся по (против) часовой стрелке маховике, и описывающими окружность радиуса  $R$ , приводит к встречному поступательно-вращательному движению этого шарика по той же окружности радиуса  $R$ , т.е. против (по) движения часовой стрелки при условии, что воздействие силовых линий указанной последовательности импульсов магнитного поля на медный шарик осуществляется снизу вверх<sup>2</sup>.

Данный эффект не проявляется, если вращающиеся неодимовые магниты расположить сверху подставки с пазом и медным шариком [13]. В этом случае медный шарик совершает движение по пазу замкнутого контура в том же направлении, в котором вращается маховик с постоянными магнитами. Движение осуществляется за счет взаимодействия магнитного поля неодимовых магнитов с импульсным магнитным полем, создаваемым в медном шарике токами Фуко, с противоположным направлением вектора магнитной индукции, т.е. противоположного полюса. В результате периодически действующего на шарик магнитного поля постоянных магнитов, происходит притягивание (захват) шарика независимо от установленных полюсов этих магнитов ( $S$  и  $S$ ,  $N$  и  $N$  или  $S$  и  $N$ ) [13]. При повышении частоты вращения магнитов, а, следовательно, и частоты взаимодействия полей, медный шарик покатится быстрее.

С позиции общенаучной методологии системного подхода, подставка с пазом и медным шариком рассматривается нами как открытая механическая (динамическая) система замкнутого типа, поскольку поступательное и вращательное движение шарика осуществляется только по пазам замкнутого контура (рис. 11, г). Маховик с неодимовыми магнитами (рис. 11, а) представляет собой не что иное, как источник направленного действия энергии магнитного поля постоянных магнитов.

При равномерном вращении маховика создается эффект импульсного воздействия на медный шарик силовых линий магнитного поля постоянных магнитов с периодом следования в два раза меньшим периода вращения маховика (в случае использования двух неодимовых магнитов).

Следовательно, магнитного эффекта проявляется в создании в механической (динамической) системе замкнутого типа, способной сохранять механическую энергию, встречного поступательно-вращательного движения медного шарика по пазу замкнутого контура (в частности, по окружности) при воздействии на него снизу вверх периодической последовательностью импульсов магнитного поля постоянных магнитов.

Как утверждается в [13], данный магнитного эффекта еще никем не объяснен.

Для разъяснения физической сущности описанного выше магнитного эффекта, рассмотрим парадокс поступательного и вращательного движения массивного шара по горизонтальной и гладкой поверхности стола, описанный в работе [14].

#### Парадокс поступательного и вращательного движения шара

Предположим, что шар массой  $m$  и радиусом  $r_0$  катится влево по горизонтальному гладкому и плоскому столу. Со временем он замедляет движение и останавливается. Согласно второму закону Ньютона ( $a = F/m$ ) должна существовать некоторая сила  $F$  (по всей вероятности что-то вроде силы трения, —  $F \square F_{\text{тр}}$ ), действующая вправо, как показано на рис. 13, а. Линейное ускорение  $a$ , обусловленное силой  $F$ , также будет направлено вправо и скорость шара  $v$  будет уменьшаться [14]. Со временем шар остановится.

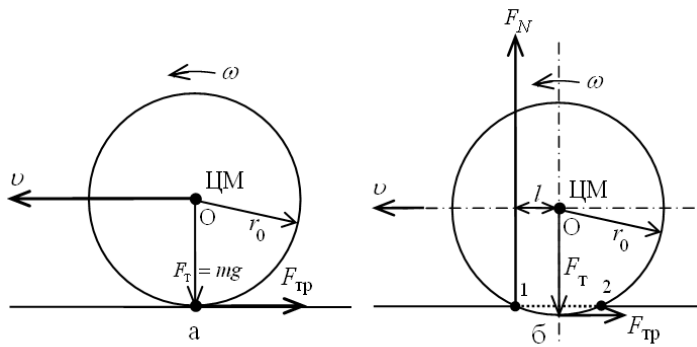
Если рассматривать вращательное движение шара, то, согласно уравнению динамики, момент силы  $M$ , вычисленный относительно центра масс (ЦМ) шара, равен произведению момента инерции на угловое ускорение, т.е.  $M = J\alpha$ , где  $J$  — момент инерции,  $\alpha$  — угловое ускорение. Было установлено, что в этом случае сила  $F_{\text{тр}}$  (рис. 13, а) способствует увеличению углового ускорения  $\alpha = d\omega/dt$  и, следовательно, увеличению значения линейной скорости шара. Парадокс состоит в том, что сила  $F_{\text{тр}}$  стремится замедлить поступательное движение шара, но ускорить его вращательное движение [14].

При абсолютной твердости материала шара и поверхности стола областью их контакта является точка (рис. 13, а). В этом случае на шар действуют сила тяжести  $F_T = mg$  (где  $m$  — масса шара;  $g$  — ускорение свободного падения) и сила нормальной реакции  $F_N$ , проходящие через ЦМ (см. точку О).

<sup>1</sup> В зависимости от соотношения радиусов окружности и медного шарика ( $R/r_0$ )

<sup>2</sup> При расположении маховика с магнитами под столиком и подставкой с медным шариком





**Рис. 13. Катящийся по столу шар и действующие силы:**  
**а) при абсолютной твердости материала шара и стола,**  
**б) при реальной твердости материала стола и шара**

никает момент силы  $F_N = -mg$ , действующий в противоположном направлении по отношению к моменту силы, обусловленному силой трения  $F_{тр} = ma$  (рис. 13, б). Поскольку поверхность стола действует на шар по всей области их контакта с силой  $F_N$ , то ее можно рассматривать как силу, действующую в точке «1» вертикально вверх на расстоянии  $l$  от ЦМ по направлению движения (рис. 13, б). Эта сила приводит к замедлению вращения шара.

Поверхность стола действует вверх с большей силой на переднюю часть шара в области его контакта со столом (рис. 13, б, точка 1) и действует вверх с меньшей силой на заднюю часть шара (рис. 13, б, точка 2) [14]. Это приводит к возникновению момента силы  $M_N$  и подтверждает тот факт, что точка приложения силы  $F_N$  должна находиться на расстоянии  $l$  перед центром масс шара. Момент силы  $M_N = lF_N$  уменьшает угловое ускорение катящего шара и, тем самым, замедляет его вращательное движение.

Из уравнения динамики вращательного движения  $M = J_{ш} \alpha$ , где  $J_{ш}$  — момент инерции шара ( $\{J_{ш}\} = 0,4\{m_{ш}\}\{r_0\}^2$ ), имеем:

$$M_N - r_0 F_{тр} = J_{ш} \alpha . \tag{4}$$

Поскольку угловое ускорение  $\alpha$  связано с линейным ускорением  $a$  соотношением  $\alpha = a / r_0$ , то из (4)

$$M_N = J_{ш} \frac{a}{r_0} + r_0 F_N . \tag{5}$$

Действующий на шар момент силы (5) за счет нормальной составляющей  $F_N$  оказывается в 1,4 раза большим момента силы, обусловленного силой трения, независимо от того, как быстро происходит замедление движения [14]. В случае очень твердых поверхностей скорость торможения практически равна нулю, что соответствует равенству нулю момента силы  $M_N$  ( $\{M_N\} = 0$ ). Из этого равенства следует, что  $l \approx 0$ , т.е. линия действия силы  $F_N$  проходит очень близко к ЦМ.

Следовательно, для сохранения вращательного движения шара необходимо значение момента силы  $M_N$  (5) свести к нулю, т.е. обеспечить равенство  $\{M_N\} = 0$ .

Демонстрируемый в [13] магнитопольевой эффект вращательного движения медного шарика против часовой стрелке по пазам замкнутого контура подставки, при воздействии на него периодической последовательности импульсов магнитного поля нескольких неодимовых магнитов, вращающихся по часовой стрелке, обеспечивается за счет уменьшения силы трения  $F_{тр}$  и момента силы  $M_N$ , зависящей от силы  $F_N$ .

Действительно, при вращении маховика по часовой стрелке, вектор индукции магнитного поля каждого неодимового магнита поочередно действует на медный шарик импульсом силы, приложенной в точке «в» перпендикулярно касательной «аб» (рис. 14, а).

Нормальная ( $F_{мн1}$ ) и радиальная ( $F_{мп1}$ ) составляющие импульса силы магнитного поля, действующие из, например, точки «в» касательной «ав» на медный шарик, смещают его ЦМ из точки О в точку  $O_1$ . В результате левая часть шарика из положения, фиксируемое точкой «1», переместится в положение «1'» (рис. 14, точки «2», «1» и «1'»). В этом случае сила трения уменьшается до значения  $\{F_{тр1}\}$ . В результате значение нормальной силы  $F_N$ , которая по направлению противоположна силе тяжести  $F_T$ , уменьшится до значения  $\{F_{N1}\}$ , уменьшая тем самым момент силы  $M_{N1} = l_1 F_{N1}$  (рис. 14, а, точка приложения силы – «3»).

Указанные силы действуют по вертикали, не создают какой-либо момент относительно ЦМ и поэтому не влияют на горизонтальное поступательное движение шара.

Рассмотрим распределение сил, действующих на шар, катящийся влево по горизонтальной поверхности стола, которая немножко прогибается в месте контакта с шаром под действием его силы тяжести  $F_T$  (рис. 13, б). При конечной твердости областью контакта становится уже не точка, а, например, окружность радиуса  $l$  (рис. 13, б, где точки касания поверхностей стола и шара обозначены цифрами 1 и 2).

Согласно [14], в области контакта воз-

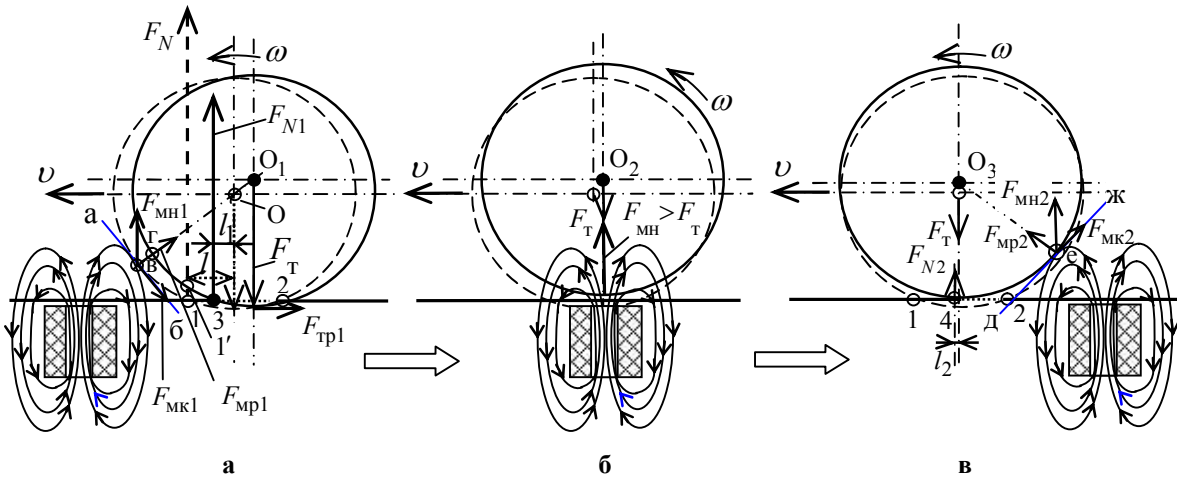


Рис. 14. Графические построения сил, действующих на медный шарик и этапов поступательного и вращательного движения медного шарика по пазам замкнутого контура против часовой стрелки, — навстречу действию магнитного поля постоянных магнитов вращающихся по часовой стрелке

Это приводит к уменьшению торможения поступательного движения шарика, так как  $\{l_1\} < \{l\}$ , а  $\{F_{N1}\} < \{F_N\}$ . В то же время полная или частичная компенсация силы трения приводит к увеличению углового ускорения шарика за счет уменьшения момента силы  $M(t_2) = J_{ш}\alpha(t_2) = km_{ш}r_0^2 \cdot \alpha(t_2)$ , где  $k = 0,4$ , действующей на точки касания 2 поверхности шарика с кромками пазов замкнутого контура в момент времени  $t_2$  (рис. 14, а, точка «2»).

Касательная составляющая импульса силы ( $F_{МК1}$ ) магнитного поля дополнительно увеличивает значение углового ускорения медного шарика на некоторое дискретное значение  $\Delta\alpha_1$ .

Продолжая встречное движение, в некоторый момент времени  $t_i$  ординаты центр масс медного шарика и неодимового магнита совпадут (рис. 13, б). В момент времени  $t_1 \pm \Delta t$  медный шарик начинает левитировать, продолжая совершать поступательное и вращательное движения по «магнитной подушке» (или по «магнитной яме»).

Эффект кратковременной левитации медного шарика, как диамагнетика, над неодимовым магнитом объясняется тем, что импульсное (за счет движения) магнитное поле в течении очень короткого интервала времени индуцирует в медном шарике вихревые токи. Эти токи создают импульсное магнитное поле, силовые линии которого направлены навстречу силовым линиям напряженности магнитного поля неодимового магнита.

При определенном значении вектора индукции магнитного поля постоянного магнита, сила Ампера, возникающая в результате действия магнитного поля постоянного магнита на медный шарик, компенсирует силу тяжести медного шарика ( $\{F_{МН}\} > \{F_T\}$ ) (рис. 14, б)). В результате отталкивания одноименных полюсов магнитных полей и возникает эффект кратковременного зависания, т.е. левитации, медного шарика над поверхностью неодимового магнита. При этом угловое ускорение шарика увеличивается за счет увеличения угловой скорости вращения маховика с неодимовыми магнитами.

Для удобства пояснений, на рис. 14 силовые линии магнитного поля постоянных магнитов показаны в ограниченном количестве и не охватывают всю поверхность шарика.

Продолжая, по инерции, поступательно-вращательное движение и по «магнитной подушке», медный шарик выходит из нее, оседая передней своей частью почти до поверхности кромок паза (рис. 14, в, точка «4») за счет уменьшения действия магнитного поля неодимового магнита, вихревых токов и сил отталкивания. Возникший в точке касания «4» небольшой момент силы  $\{M_{N2}\} = \{l_2\} \{F_{N2}\} \approx 0$ , поскольку  $\{l_2\} \approx 0$ , незначительно уменьшает поступательное движение шарика.

При выходе медного шарика из указанного положения, действие сил магнитного поля, приложенных, например, в точке «е» касательной «дж», уменьшается, уменьшаются и значения нормальной ( $F_{МН2}$ ), радиальной ( $F_{Мр2}$ ) и касательной ( $F_{МК2}$ ) составляющие импульса силы.

При превышении значения результирующей силы тяжести медного шарика значения нормальной ( $F_{МН2}$ ) составляющей, медный шарик начинает проседать, т.е. опускаться вниз до кромок паза, поскольку  $\{F_{МН2}\} \leq \{F_T\}$ . В результате ЦМ из точки O перемещается в точку  $O_3$  (рис. 14, в). Значение нормальной составляющей силы уменьшается до значения  $\{F_{N2}\}$ , уменьшая тем самым момент силы до значения  $\{M_{N2}\} = \{l_2\} \{F_{N2}\}$  (рис. 14, в). Это приводит к незначительному торможению катящегося шарика, поскольку  $\{l_2\} \ll \{l\}$ , а  $\{F_{N2}\} \ll \{F_N\}$ . Касательная составляющая  $F_{МК2}$  импульса силы, действующая на медный шарик, создает в момент времени, например,  $t_2$ , дополнительный момент силы  $M(t_2) = J_{ш}\alpha(t_2) = km_{ш}r_0^2 \cdot (\alpha + \Delta\alpha_2)$ , увеличивая значение углового ускорения шарика на  $\Delta\alpha_2$ . В этот

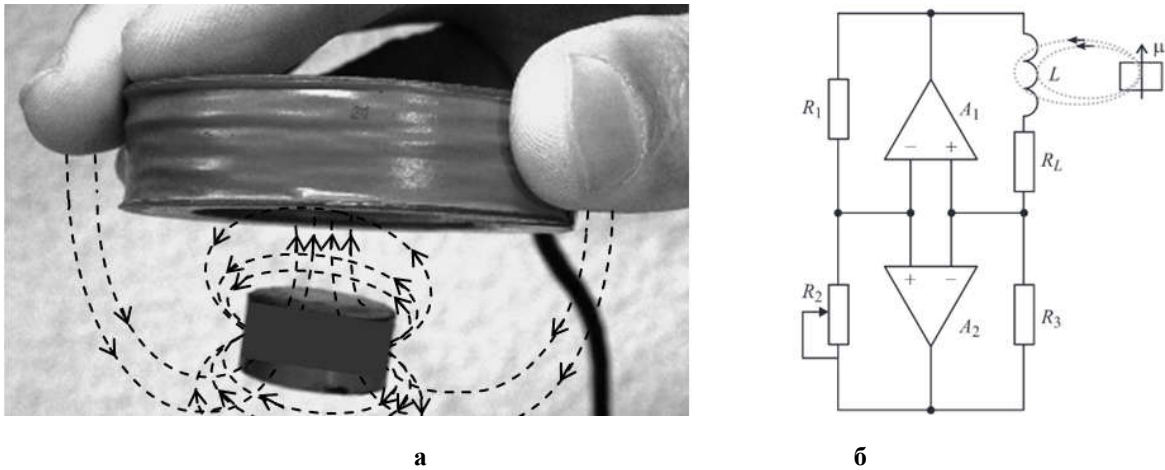
момент шарик касається кромки паза (рис 14, в).

Одновременно, благодаря вращению маховика с определенной угловой частотой, к медному шарикуну подходит второй (идентичный) неодимовый магнит, магнитное поле которого начинает действовать на шарик, не давая ему всей своей тяжестью опуститься на кромки паза. При этом должна быть подобрана и установлена соответствующая частота вращения маховика с магнитами. Процесс силового воздействия магнитного поля второго и других (если таковы имеются) постоянных неодимовых магнитов на медный шарик повторяется аналогичным образом, повторяя эффект встречного движения. При непрерывном вращении маховика с магнитами, медный шарик будет практически непрерывно совершать поступательно-вращательное движение по пазу. Таковы особенности описанного магнитополевого эффекта.

#### **Магнитополевой эффект устойчивого подвеса объектов без материальной точки опоры**

Особое внимание учеными уделяется разработке методов и средств достижения устойчивой левитации (подвеса) объектов. Первые успехи в решении данной проблемы уже получены [15, 16]. Так, например, в работе [16] описано устройство, реализующее магнитополевой эффект устойчивого подвеса цилиндрического постоянного NdFeB-магнита под катушкой индуктивности (рис. 15, а), создающей магнитное поле определенной формы. При этом среднее значение постоянной составляющей тока через катушку индуктивности устанавливается априори заданного значения, при котором постоянный магнит левитирует на определенном расстоянии от катушки индуктивности. Для стабилизации положения постоянного магнита осуществляется стабилизация переменной составляющей тока, питающего катушку индуктивности, а следовательно, и стабилизация переменной составляющей магнитного поля.

Это достигается путем использования мостовой (балансной) схемы включения катушки индуктивности, приведенной на рис. 15, б. Работа устройства подробно описана в работе [16].



**Рис. 15. Подвес постоянного магнита в поле катушки индуктивности со стабилизированным магнитным полем (а) и соответствующая схема управления магнитным полем и положением катушки индуктивности (б)**

Эффект левитации (подвеса) получен за счет взаимодействия соленоидального по форме магнитного поля катушки индуктивности, выполненной из медного провода (диамагнетика) и магнитного поля цилиндрического постоянного магнита, изготовленного из парамагнетика или ферромагнетика. О форме магнитного поля, формируемого катушкой индуктивности, в работе [16] умалчивается. Очевидно это ноу-хау.

Силовые линии напряженности магнитного поля соленоидальной катушки индуктивности проходят, как показано на рис. 15, а пунктирными линиями, снизу вверх через постоянный магнит круглой формы. Его силовые линии напряженности магнитного поля направлены справа на лево, как показано на рис. 15, а, и вызывают в медном проводе катушки индуктивности (диамагнетике) токи Фуко. Последние создают дополнительное магнитное поле, направленное против действия силы тяжести постоянного магнита цилиндрической формы, т.е. создается эффект торможения падения постоянного магнита под действием силы тяжести

На рис. 15, б приведена мостовая схема управления подвесом постоянного магнита. Она реализована на микросхеме ТСА0372, содержащей два операционных усилителя. Другие элементы схемы и их номинальные значения приведены в цитируемой работе. Согласно [16], возможны три режима работы схемы управления:

1.  $R_1 R_3 \leq R_2 R_L$  — режим отрицательной обратной связи. При уменьшении произведения значений сопротивлений первого и третьего резисторов (рис. 15, б) ток катушки индуктивности будет постепенно увеличиваться. Постоянный магнит, подвешенный с помощью магнитного поля катушки индуктивности, будет притягиваться к ней до упора.

2.  $R_1 R_3 = R_2 R_L$  — режим баланса схемы. Характеризуется неизменным положением подвешенного постоянного магнита. Ток в катушке индуктивности изменяется во времени только из-за нестабильности значения коэффициента усиления и температурных зависимостей входных сопротивлений операционных усилителей.

3.  $R_1 R_3 \geq R_2 R_L$  — режим положительной обратной связи. При увеличении произведения значений сопротивлений первого и третьего резисторов ток в катушке индуктивности уменьшается. Постоянный магнит постепенно удаляется от катушки индуктивности и, после достижения минимально возможного тока удерживания, падает.

Путем изменения баланса плеч мостовой схемы стабилизации, можно управлять положением постоянного магнита по вертикали, изменяя среднее значение тока в катушке индуктивности.

Описанный магнитолевой эффект подвеса ферромагнетика под источником искусственно созданного магнитного поля соленоидальной формы также свидетельствует о важной роли конфигурации магнитного поля, создающего «магнитную яму», и конфигурации объекта исследований — постоянного магнита цилиндрической формы. Отметим, что заставить положение постоянного магнита цилиндрической или шарообразной формы легче [12], чем иной формы (кубической, подковообразной и т.д.).

#### **Магнитолевой эффект поглощения магнитным пластилином постоянного магнита**

Нельзя обойти стороной свойства такого материала, как магнитный пластилин (Handgum, Хэндгам, Фанпластик, Хэппигам).

Этот материал относится к десяти самым необычным материалам (нитинол, аэрогель, магнитный пластилин, феррофлюид, метаматериал, неньютоновская жидкость и др.) [17]. Его механические свойства таковы: магнитный пластилин эластичный, тянется, рвется, подпрыгивает, намагничивается в магнитном поле, обладает памятью, при резком ударе молотком он ломается на мелкие части [18]. На наш взгляд, магнитный пластилин является диамагнетиком, поскольку наполнен миллионами магнитных частиц, расположенных хаотично, которые и поглощают постоянные магниты.

При соединении магнитного пластилина с неодимовым магнитом проявляется магнитолевой эффект полного поглощения этого магнита магнитным пластилином [11, 18]. Неодимовые магниты являются суперсильными, поскольку изготавливаются из материала с высокой остаточной магнитной индукцией. Причем они сохраняют состояние намагниченности в течение длительного времени. В сильном магнитном поле неодимового магнита осуществляется намагничивание микрочастиц магнитного пластилина и их поворот до положения, при котором силовые линии магнитного поля будут сориентированы противоположно направлению силовых линий магнитного поля неодимового магнита. В результате миллионы магнитных частиц магнитного пластилина обволакивают неодимовый магнит, вызывая эффект поглощения.

На рис. 16 и рис. 17 приведены фотографии, иллюстрирующие процесс поглощения неодимового магнита магнитным пластилином-парамагнетиком по данным [11, 18].

Причем процесс остается неизменным при поглощении магнита в горизонтальной плоскости (рис. 16) или в вертикальной (рис. 17), независимо от формы магнита, — в виде ролика (рис. 16) или в форме куба (рис. 17).

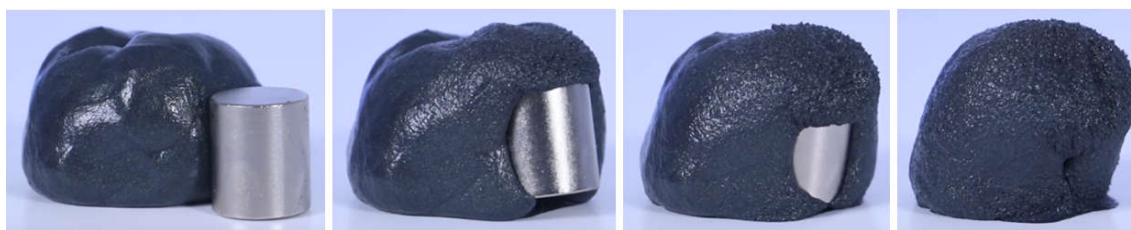


Рис. 16. Иллюстрация эффекта поглощения магнитным пластилином неодимового магнита цилиндрической формы (в виде ролика)



Рис. 17. Иллюстрация эффекта поглощения магнитным пластилином неодимового магнита в форме куба

Благодаря эффекту поглощения можно получить информацию о механических и магнитных свойствах пластилина заданного объема (веса) при условии использования образцов неодимовых магнитов разной формы (в виде куба, ролика, шарика и др.), но одинакового объема или веса и значения вектора магнитной индукции. Измеряя время поглощения, можно определить скорость поглощения, вязкость и другие свойства магнитного пластилина.

Таким образом, магнитолевые эффекты проявляются только при создании определенных условий взаимодействия магнитного поля и отрицательно заряженными частицами вещества или материала. При этом должны учитываться известные законы сохранения энергии физическими системами.



**Висновки**

1. Уточнены определения таких понятий, как магнитный экватор, экваториальная линия, магнито-полевая среда, магнитная яма, магнитная подушка, магнитная левитация и конфигурация магнитного поля.
2. Изложены новые представления о конфигурации магнитного поля постоянного магнита. Его особенностью является то, что магнитные силовые линии постоянного магнита начинаются от правой (восточной) стороны магнитного экватора, разделяющего магнит на две равнозначные части, распространяются в направлении расположения южного и северного магнитных полюсов по часовой и против часовой стрелки, соответственно, а затем эти линии замыкаются на левой (западной) стороне «магнитного экватора».
3. Заслуживает всеобщего признания обнаруженного Владимиром Великим явления двухконтурного распределения замкнутых силовых линий напряженности магнитного поля искусственно созданного постоянного магнита. Представлены практические доказательства существования данного явления. Это позволит по-новому решать задачи взаимодействия веществ и материалов с магнитным полем, генерируемым постоянным магнитом.
4. Приведено математическое описание закона сохранения энергии постоянного магнита, отражающего двухконтурное распределение силовых линий напряженности магнитного поля.
5. Открытие явления двухконтурного распределения замкнутых силовых линий напряженности магнитного поля постоянного магнита имеет важное народнохозяйственное значение в части, например, для повышения урожайности картофеля. Предложено данное явление назвать «явлением Владимира Великого», экспериментальные исследования которого и привели к его открытию.
6. Впервые обобщены и классифицированы данные о многообразии эффектов и явлений взаимодействия магнитного поля с материей и условиях, при которых возможно получение этих эффектов и явлений. Благодаря выполнению конкретных условий осуществления взаимодействия энергии и материи обеспечивается возможность открытия и теоретически обоснованного получения новых эффектов и явлений.
7. На конкретных примерах показано, при каких условиях достигается левитация диамагнетиков в постоянном и в переменном магнитных полях. Это подтверждает необходимость соблюдения общих и частных требований к каждому исследуемому материалу (веществу) и к источнику магнитного поля.
8. Дано научное толкование эффекта левитации алюминиевого диска в переменном магнитном поле.
9. Получено научное объяснение эффекта магнитной левитации с использованием магнитного поля постоянных магнитов, заключающееся в соблюдении двух необходимых и достаточных условий: а) конфигурация магнитного поля должна представлять собой магнитную яму или магнитную подушку, образованную магнитными полями нескольких соединенных между собой постоянных магнитов определенной формы (кубической, прямоугольной и др.); б) объект исследований должен быть выполненным из диамагнетика и представлять собой механическую систему замкнутого типа.
10. Отмечается, что получение информации о высоте подъема левитирующей пластины может быть осуществлено с использованием оптических методов измерений малых расстояний, например, с помощью интерферометра Майкельсона — путем измерения или по результатам измерения разности хода двух лазерных ИК-лучей, отраженных от неодимового магнита (через отверстие в пластине) и от поверхности левитирующей графитовой пластины
11. Дано научное объяснение эффекту динамической левитации кольцевого неодимового магнита над большим кольцевым постоянным магнитом. В частности утверждается, что стабилизация положения левитирующего магнита малого диаметра достигается благодаря одновременному использованию гироскопического эффекта при условии конструктивного исполнения магнита малого диаметра в виде волчка, вращающегося вокруг вертикальной оси.
12. Показана возможность одновременного получения четырех магнитолевых эффектов: левитации, ориентирования, формообразования и плавления при условии выполнения выходного колебательного контура мощного СВЧ генератора в форме, подобной форме параболоида вращения.
13. Рассмотрено и дано научное объяснение сущности магнитолевого эффекта взаимодействия медного шариком, движущего по окружности (по пазу контура замкнутого типа), и импульсного магнитного поля двух и более цилиндрических неодимовых магнитов, диаметрально расположенных на вращающемся по (против) часовой стрелке маховике. Установлено и показано, что в основе эффекта лежит устранение парадокса поступательного и вращательного движения шарика по горизонтальной поверхности стола.
14. Дано научное толкование сущности магнитолевого эффекта подвеса ферромагнетика под источником магнитного поля соленоидальной формы, что подтверждает необходимость создания такой конфигурации электромагнитного поля, при которой формируется одна или несколько «магнитных ям» или создаются магнитные поля априори заданной конфигурации. Это является необходимым условием как для решения задач левитации объекта исследований сложной формы, так и для изучения и исследования других эффектов взаимодействия поля и вещества.
15. Установлено, что исследуемые материалы должны рассматриваться как открытые или закрытые физические системы замкнутого или разомкнутого типов, статические или динамические. Генератор магнитного поля должен рассматриваться как магнитосиловой, спектрообразующий (частотогенерирующий) и формообразующий источник управляемой энергии магнитного поля.
16. Искусственно создаваемое магнитное поле по своим параметрам и характеристикам должно обеспечивать априори заложенный характер взаимодействия между покоящимися или движущимися электрическими зарядами вещества или материала.
17. Описан эффект поглощения неодимового магнита метавеществом — магнитным пластилином,

что расширяет наши познания о физической природе веществ и материалов. Данный эффект позволяет определять и механические свойства данного метавещества.

18. Показано, что в результате взаимодействия магнитного поля с веществом (материалом) можно получить дополнительную информацию о свойствах этого вещества (материала) путем измерения и управления данным эффектом.

19. По прежнему актуальной является задача изучения взаимодействия естественных и искусственных магнитных полей с биовеществом и биоматериалом, задача разработки физико-химических способов уменьшения или увеличения эффективности влияния этих полей на ход тех или иных реакций и др.

20. Приведенные результаты исследований являются предтечей к описанию явления передачи энергии и информации сквозь проводящую или слабо проводящую среду.

### Литература

1. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология. Магнитополевая теория измерений с использованием явления переноса энергии и информации сквозь материал или вещество. Часть 1. Философские аспекты теории /В.Т.Кондратов // Проблемы управления и информатики. — 2018. №1. — с. 124–135.
2. Справочник химика 21. <http://chem21.info/info/461013/>.
3. Магнитное поле2. Магнитная щель, Магнитный экватор. Часть 6. <https://www.youtube.com/watch?v=KudL7pG8aAA>
4. Это для ученых Шок!!! Опыт с Металлическими опилками и Плёнка для визуализации. Часть 9. <https://www.youtube.com/watch?v=HFVQkvUq7qI>.
5. Умный магнитный пластилин. <http://magnitico.com/activities/magnetic-plasticine/>
6. Как сделать визуализатор магнитного поля. <https://www.youtube.com/watch?v=Tqu6R SjiQAQ>.
7. Магнитное поле можно увидеть. <https://www.youtube.com/watch?v=CV1yJ7ZI-hc>.
8. Картофель. Китайский МЕТОД. 2015 год. [https://www.youtube.com/watch?v=Tt X\\_ako\\_ok4](https://www.youtube.com/watch?v=Tt X_ako_ok4).
9. Парящий диск. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=IThYDX9je04>.
10. Магнитная левитация. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F\\_\(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0)).
11. Магнитная левитация. Магнитный подвес. Magnetic Bearing Magnetic Levitation. Маховик Игорь Белецкий. <https://www.youtube.com/watch?v=GoRqg60t8jY>.
12. Левитационная плавка. <https://www.youtube.com/watch?v=Dkp Ez7znpnc>.
13. 13 Как такое возможно? Непонятный физический эффект. Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=RFelO\\_W9\\_3Y](https://www.youtube.com/watch?v=RFelO_W9_3Y).
14. Джанколи Д. Физика. Т.1. Москва, «Книга по требованию». Режим доступа: [https://books.google.com.ua/books?id=U3\\_9AgAAQBAJ&pg=PA279&lpg=PA279&dq=%D1%81%D0%B8%0%BB%D1%8B,+%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5+%D0%BD%D0%B0+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F+%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&source=bl&ots=b\\_Aee5W8-9&sig=fWrZAzJrXiv3lrqaqMa-qSzfV\\_k&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjogrqylMbZAhVMEVAKHYp1Ca4Q6AEIRzAI#v=onepage&q=%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8B%2C%20%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F%20%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&f=false](https://books.google.com.ua/books?id=U3_9AgAAQBAJ&pg=PA279&lpg=PA279&dq=%D1%81%D0%B8%0%BB%D1%8B,+%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5+%D0%BD%D0%B0+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F+%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&source=bl&ots=b_Aee5W8-9&sig=fWrZAzJrXiv3lrqaqMa-qSzfV_k&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjogrqylMbZAhVMEVAKHYp1Ca4Q6AEIRzAI#v=onepage&q=%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8B%2C%20%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F%20%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&f=false).
15. Демонстрация левитации (leveFit II). Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=3j5d\\_hq v2z4&index=4 &list=UUMRN-7URWJ5 sbTJxFAeYXvQ](https://www.youtube.com/watch?v=3j5d_hq v2z4&index=4 &list=UUMRN-7URWJ5 sbTJxFAeYXvQ).
16. Кожурников Е.К. Левитация в поле несверхпроводящей катушки со стабилизацией магнитного потока /Журнал технической физики, 2013, том 83, вып. 9. Ст.-Петер-бург. — 2013. — С. 126-133. (<http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/11012>).
17. 10 самых необычных материалов. [https://www.youtube.com/watch?v=ik\\_sWNUoivk](https://www.youtube.com/watch?v=ik_sWNUoivk).
18. Умный магнитный пластилин. <http://magnitico.com/activities/magnetic-plasticine>.

### References

1. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya. Magnitopolevaya teoriya izmereniy s ispol'zovaniyem yavleniya perenosa energii i informatsii skvoz' material ili veshchestvo. Chast' 1. Filosofskiye aspekty teorii /V.T.Kondratov // Problemy upravleniya i informatiki. — 2018. №1. — s. 124–135.
2. Spravochnik khimika 21. <http://chem21.info/info/461013/>.
3. Magnitnoye pole2. Magnitnaya shchel', Magnitnyy ekvator. Chast' 6. <https://www.youtube.com/watch?v=KudL7pG8aAA>.
4. Eto dlya uchenykh Shok!!! Opyt s Metallichesкими opilkami i Plonka dlya vizualizatsii. Chast' 9. <https://www.youtube.com/watch?v=HFVQkvUq7qI>.
5. Umnyy magnitnyy plastilin. <http://magnitico.com/activities/magnetic-plasticine>.
6. Kak sdelat' vizualizator magnitnogo polya. <https://www.youtube.com/watch?v=Tqu6R SjiQAQ>.
7. Magnitnoye pole mozhno uvidet'. <https://www.youtube.com/watch?v=CV1yJ7ZI-hc>.

8. Kartoffel'. Kitayskiy METOD. 2015 god. [https://www.youtube.com/watch?v=Tt\\_X\\_ako\\_ok4](https://www.youtube.com/watch?v=Tt_X_ako_ok4).
9. Paryashchiy disk. Rezhim dostupa: <https://www.youtube.com/watch?v=IThYDX9je04>.
10. Magnitnaya levitatsiya. Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B8>
11. Magnitnaya levitatsiya. Magnitnyy podves. Magnetic Bearing Magnetic Levitation. Makhovik Igor' Beletskiy. <https://www.youtube.com/watch?v=GoRqg60t8jY>.
12. Levitatsionnaya plavka. [https://www.youtube.com/watch?v=Dkp\\_Ez7znpnc](https://www.youtube.com/watch?v=Dkp_Ez7znpnc).
13. Kak takoye vozmozhno? Neponyatnyy fizicheskiy effekt. Rezhim dostupa: . [https://www.youtube.com/watch?v=RFelO\\_W9\\_3Y](https://www.youtube.com/watch?v=RFelO_W9_3Y).
14. Dzhankoli D. Fizika. .Т.1. Moskva, «Kniga po trebovaniyu» . Rezhim dostupa: [https://books.google.com.ua/books?id=U3\\_9AgAAQBAJ&pg=PA279&lpq=PA279&dq=%D1%81%D0%B8%00%BB%D1%8B,+%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5+%D0%BD%D0%B0+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F+%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&source=bl&ots=b\\_Aee5W8-9&sig=fWrZAzJrXiv3lrqMa-qSzfV\\_&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjogrylMbZAhVMEVAKHYp1Ca4Q6AEIRzAI#v=onepage&q=%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8B%2C%20%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F%20%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&f=false](https://books.google.com.ua/books?id=U3_9AgAAQBAJ&pg=PA279&lpq=PA279&dq=%D1%81%D0%B8%00%BB%D1%8B,+%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5+%D0%BD%D0%B0+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F+%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&source=bl&ots=b_Aee5W8-9&sig=fWrZAzJrXiv3lrqMa-qSzfV_&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjogrylMbZAhVMEVAKHYp1Ca4Q6AEIRzAI#v=onepage&q=%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8B%2C%20%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9%D1%81%D1%8F%20%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BA&f=false).
15. Demonstratsiya levitatsii (leveFit II). Rezhim dostupa: [https://www.youtube.com/watch?v=3j5d\\_hqv2z4&index=4&list=UUMRN-7URWJ5\\_sbtJxFAeYXvQ](https://www.youtube.com/watch?v=3j5d_hqv2z4&index=4&list=UUMRN-7URWJ5_sbtJxFAeYXvQ).
16. Koshurnikov Ye.K. Levitatsiya v pole nesverkhprovodyashchey katushki so stabilizatsiyey magnitnogo potoka /Zhurnal tekhnicheskoy fiziki, 2013, tom 83, vyp. 9. St.-Peter-burg. — 2013. – S. 126-133. (<http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/11012>).
17. 10 samykh neobychnykh materialov. [https://www.youtube.com/watch?v=ik\\_sWNUoivk](https://www.youtube.com/watch?v=ik_sWNUoivk).
18. Umnyy magnitnyy plastilin. <http://magnitico.com/activities/magnetic-plasticine>.

Рецензія/Peer review : 17.1.2018 р.

Надрукована/Printed :7.4.2018 р.

Рецензент :

## ИСТОЧНИК МАССЫ ВЕЩЕСТВА

*Одной из величайших загадок современной физики является масса вещества. Наука для ее понимания смогла, только, воспользоваться феноменологическим методом, это, когда воздействуя на тело и по его реакции, что-то можно понять о его массе. В настоящей статье на основе новой модели существования материи, которая, на сегодняшний день, наиболее адекватно природе отображает внутреннюю структуру массы тела и ее форму зарождения. Показана причина изменения массы по мере увеличения или уменьшения поступательного движения тела. Раскрыт «секрет» инерции тела и ее связь с массой.*

*Ключевые слова: масса тела, инерция, новая модель существования материи, силовая линия гравитационного поля, поступательное и колебательное движение, элементарные частицы вещества*

V.A. VYSHINSKIY

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

## SOURCE OF THE MASS OF THE SUBSTANCE

*One of the greatest mysteries of modern physics is the mass of matter. Science for its understanding could, only, use the phenomenological method, this, the code affecting the body and its reaction, something can be understood about its mass. In this article, based on a new model of the existence of matter, which, to date, most adequately reflects nature, it is proposed to display the internal structure of the body mass and its form of nucleation. The cause of the change in mass is shown with increasing or decreasing translational motion of the body. The "secret" of inertia of the body and its relation to the mass are revealed. The transformation of translational motion in a vacuum into an oscillatory (wave) one is considered. And also the reverse process of the transformation of the oscillatory motion (wave) into translational motion. The principle of the creation of elementary particles of matter is shown, which, unlike the elementary particles of matter, is not an infinite number, but only nine. Attention is drawn to the existence of two universal laws of nature, on the basis of which the emergence of elementary particles of the gravitational field occurs. These laws are designated as the First and Second Substance of the Substance. On the proposed model for the existence of matter, it is shown that in nature there is only one mass of matter whose properties are characterized by inertia. The studies considered in the article are useful for understanding the natural appearance of atoms, their nuclei, as well as the neutrons of protons, positrons and electrons.*

*Key words: mass of the body, inertia, a new model of the existence of matter, the force line of the gravitational field, translational and vibrational motion, elementary particles of matter*

## 1. Введение

Практически всегда научные интересы теоретической физики были направлены на описательное, феноменологическое познание природы. Этот подход в науке обосновывался тем, что запросы инженеров, обеспечивающих технологическое вооружение человечества, удовлетворялся такими поверхностными знаниями. То есть практика обходилась описанием природного явления и соответствующей расчетной формулой, которая с достаточной точностью, в заданном интервале ее существования, удовлетворяла инженерные запросы. Например, овладевая новыми скоростями в авиации, до определенного их порога, инженеру было достаточно знаний, сосредоточенных в аэродинамике, и как только разработчики приступили к покорению сверх звуковой скорости, возникла проблема обоснования того, почему летательный аппарат, профиль которого рассчитан, по строго устоявшимся формулам, разрушается. В этой ситуации, без новых теоретических знаний, а, опираясь на эксперименты, которые, далеко не всегда были небезопасными, в сверхзвуковой авиации был достигнут прогресс. И только, во втором десятилетии XXI века такие знания появились. Исследуя существование материи на нано уровне, удалось установить, что известный эффект Черенкова-Вавилова имеет всеобщее свойство. Напомним, этот эффект в виде электромагнитного свечения был обнаружен при движении электрически заряженной частицы, превышающей скорость света в конкретной среде. Дело в том, что плотность вакуума в вещественных средах меньшая по сравнению с «чистым» вакуумом и в ней свет движется медленнее. Оказалось, что этот эффект присущ любой материальной среде, включая и вещественные среды, тем самым является не просто эффектом, а всеобщим законом природы [1]. То есть движущееся тело в вещественной среде при превышении фазовой скорости волны в ней оставляет после себя волну. Оказалось, что, если самолет движется в воздушной среде со скоростью, превышающей скорость звука, то вслед за ним появляется звуковая волна, которая пагубно действует на летательный аппарат. Таким образом, чтобы в этом случае самолет не разрушился необходимо поработать не только над традиционными его аэродинамическими свойствами, в которых расчеты проводятся по формулам, отражающих феноменологическое понимание природы, но и учесть более глубокие знания, которые содержатся в сути закона Черенкова-Вавилова, действующего в воздушной среде.

Аналогичная ситуация сложилась при создании новых нано технологий, когда приходится иметь дело с понятием массы тела на нано уровне существования материи. Оказалось, что в этом случае не достаточно знаний, основанных на описании этого природного явления. Нужны знания о массе тела, раскрывающие ее структуру и природу возникновения. Ведь на сегодняшний день инженеры вполне



обходяться феноменологическими знаниями о массе вещества, которые можно почерпнуть из трудов классической физики, а также в любом справочнике, в любой энциклопедии. Вот что пишет энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, в котором под массой понимается характеристика материи, являющаяся мерой инерционных и гравитационных свойств. Кроме того, феноменологическое описание сведено к тому, что масса  $m$  равна отношению действующей на тело силы  $F$  к приобретенному им ускорению  $a$ :

$$m = \frac{F}{a} \quad (1),$$

т.е. понимание массы состоит в том, как она реагирует на воздействие силы, и это все носит описательный характер. Также отмечается, что единство инерционной и гравитационной массы согласно принципу А.Эйнштейну являются зависящими от его скорости, при условии, что скорость движения сравнима со скоростью света. Кроме того, указывается о существовании массы перемной и масса покоя. И все эти понятия подаются, не только в справочнике, но и в работах А.Эйнштейна феноменологически, т.е. без расшифровки структурного содержимого массы тела и ее возникновения. Еще раз подчеркнем, что такое понимание массы тела дано еще во времена создания Энциклопедического словаря Ф.А.Брокгауза и И.А.Ефрона, т.е. не менее ста лет тому. Однако понимание массы уже в современных работах далеко от этого словаря не ушло – та же инертная (1) и гравитационная масса

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2),$$

где  $G$  – гравитационная постоянная величина,  $r$  – расстояния между материальными телами  $m_1$  и  $m_2$ , и тот же феноменологический способ их объяснения. Познание существования материи на нано уровне для потребностей человечества требует более детального (не описательного) понимание массы. В настоящей работе попытаемся построить модель массы, которая наиболее адекватно, на сегодняшний день, отражает существо природы, а также ее возникновение и структуру.

## 2. Элементарные частицы вещества.

Приступая к изучению такой структуры существования материи, как масса, будем исходить из того, что любое материальное образование, с которым имеет дело человечество, строится из элементарных частиц. Подчеркнем, что в отличие от традиционного понимания элементарных частиц, когда к ним относят элементарные частицы материи, в рассматриваемых исследованиях ограничиваемся элементарными частицами вещества. Дело в том, что с позиции гносеологии искать элементарные частицы материи просто бессмысленно, ведь таковых в природе не существует. И это подтверждается практикой экспериментальных исследований. Сегодня, бомбардируя материальные образования энергетически насыщенными сгустками вещества, обнаруживают частицы, называемые физиками элементарными частицами материи, от 200-т до 2000-ч таких измельченных вещественных образований. Судя по такому способу их обнаружения, этот поиск может приводить к бесконечному их количеству, а элементарные частицы материи так и не будут найдены. В [2] показано, что корректные исследования позволяют останавливаться лишь на элементарных частицах, не вообще материи, а конкретном ее проявлении в виде вещества. В результате, под элементарной частицей вещества следует понимать ту частицу материальной субстанции, составные части которой не могут быть обнаружены (зарегистрированы) вещественными приборами, в силу их недостаточной разрешающей способности.

Применив аксиоматический метод познания в физике, а это оказалось возможным после разрешения шестой проблемы Д.Гильберта [3], удалось построить на сегодняшний день адекватную природе модель основы материального мироздания, к которой обычно относят вакуум. Из предложенной модели следует, что вакуумная форма существования материи может находиться в двух состояниях – волновом и поступательном движении. Оказалось, что, именно, эти состояния вакуума обнаруживаются вещественными приборами. Если рассматривать указанные состояния вакуума, как частицы вещества, то те из них, которые находятся на пределе их обнаружения, нами используются в качестве элементарных частиц вещества.

Исследуя волновое и поступательное движение в вакууме несложно прийти к выводу, что между ними существует «тесная связь». Так, в природе из одного вида движения можно прийти к другому, т.е. имеют место явления преобразования поступательного движения материи в волновое его состояние вакуума, и, наоборот, волновое состояние преобразовать в поступательное движение. Эти явления подчиняются определенным закономерностям, и их весьма удобно отнести к законам природы. А поскольку действие указанных законов «рождают», по нашим представлениям, элементарные частицы вещества, из которых состоит окружающий мир, то их целесообразно отнести и к всеобщим первоосновным законам природы. Сформулируем их.

**Закон 1**

**Совмещение при поступательном движении в пространстве материальной среды двух и более ее участков возникает в ней волновое состояние, т.е. происходит преобразование поступательного движения в волновое движение.**

Действие этого закона в вакууме отражает Всеобщее явление в природе, которому целесообразно придать статус **Первого Начала Вещества**. Ведь именно благодаря ему появляется первая элементарная частица вещества. Кстати, частным случаем этого закона является известный эффект Черенкова-Вавилова.

**Закон 2**

**Во время продвижения волны в материальной среде, при определенных условиях может «оборваться» ее колебательный процесс, и тогда среда переходит в состояние, когда отдельный ее участок движется прямолинейно, т.е. имеет место преобразование волнового в поступательное движение.**

Действие этого закона на уровне существования материи в виде вакуума отражает, как и предыдущий закон, Всеобщее явление в природе, которому целесообразно придать статус **Второго Начала Вещества**. Ведь под его действием появляются шесть элементарных частиц вещества – а всего их девять.

Эти два приведенных выше закона используются в качестве постулатов в наших исследованиях.

В материальной среде, которая представлена вакуумом, на нано уровне в качестве волнового состояния нами рассматривается электромагнитная волна, т.е. фотон. Известно, что в этом случае колебательный процесс, при его продвижении, состоит в смене уровня напряженности электрического поля на напряженность магнитного поля. Предлагаемая нами модель, показывает, что фотон во время этой смены генерирует в пространство вакуума напряженности электрического и магнитного поля. Причем эта генерация вдоль пути продвижения фотона характеризуется попеременным изменением рассматриваемой напряженности, т.е. если напряженность электрического поля растет, то магнитного падает и, наоборот, с ростом напряженности магнитного поля падает напряженность электрического. Тогда в пространстве вакуума возникают ситуации, когда напряженность магнитного поля равна нулю, а электрического либо максимальному его значению, либо минимальному. Аналогичная ситуация складывается и с напряженностью электрического поля, т.е. когда она равна нулю, то напряженность магнитного соответствует либо максимальной напряженности полюса Норд, либо максимальной напряженности полюса Зюйд.

Известно, что любой колебательный процесс, в том числе и электромагнитный можно прервать, т.е. остановить, когда колеблющаяся материальная точка в нем займет, например, свои, отмеченные выше, крайние положения. И тогда напряженность в электромагнитном поле принимает постоянную величину. Так, если колебательный процесс фотона оборвать в то время, когда напряженность его магнитного поля равна нулю, то в качестве постоянной напряженности электрического поля выступает положительное его значение, и, как результат, появится элементарная частица вещества, которую обозначают позитроном. Если напряженность этого поля окажется отрицательной, то тогда, соответственно, возникнет электрон.

Аналогичная ситуация будет иметь место и в случае, когда напряженность электрического поля примет значение нуля. Если в этот момент оборвать в фотоне электромагнитное колебание, то в пространстве вакуума появится постоянная напряженность либо значения магнитного полюса Норд, либо Зюйд.

В [4] более подробно исследованы ситуации рассматриваемого обрыва электромагнитного колебания, и в частности, когда искусственно можно получить электрон. Кроме того, обнаружен естественный способ его появления (обрыва), предоставляя, тем самым, природе возможность строить атомы и молекулы.

**3. Элементарная частица массы вещества**

Исследуя элементарные частицы вещества, и их возникновение, оказалось, что и частица, «несущая в себе» массу, «рождаются» из фотона в естественных условиях, как и большинство элементарных частиц, путем обрыва его электромагнитной волны. В частности, если генерировать два фотона в одной пластине вакуума со сдвигом во времени, отвечающему одному полупериоду электромагнитного колебания на таком расстоянии, что между ними не останется места для генерации, как минимум еще одного фотона, то произойдет обрыв этого колебания. При этом обрыв выполняется, когда напряженность его электрического поля равна нулю, т.е. он приводит к появлению полюсов Норд и Зюйд. В результате, в пространстве вакуума появятся две частицы материальных субстанций вакуума, которые участвовали в колебательном процессе фотонов. Эти частицы мы обозначили, как элементарные частицы гравитационного поля. Каждая из них начнет двигаться вдоль оси абсцисс со скоростью распространения напряженности потенциала магнитного полюса, причем, их движение будет в противоположных направлениях, т.е. частицы начнут двигаться, отдаляясь друг от друга. Однако этому будут препятствовать силы притяжения между ними вдоль оси аппликат, которые являются магнитными силами притяжения, действующими между полюсами магнитного поля. Таким образом, в пространстве вакуума появится материальная структура, состоящая из двух сгустков вакуума (элементарных частиц гравитационного поля), которая сдерживает их от движения, тем самым, представляя собой диполь, названный нами гравитационным – элементарной частицей массы вещества.

Обратим внимание на одну особенность действия сил притяжения, которые присутствуют в таком диполе. Магнитное поле каждого из сгустков этого диполя в пластине вакуума занимает все пространство,

всю его толщину вдоль оси аппликата, которую, как об этом уже упоминалось в [2] невозможно измерять с помощью приборов выполненных из вещества. (Однако из этого не следует, что пластина не имеет реальных размеров.) Таким образом, магнитная силовая линия, которая имеет место в природе, заполняет объем пластины в этом месте полностью. Кроме того, силовые линии притяжения между сгустками, по обе стороны диполя, пересекаясь, сдвинуты вдоль оси абсцисс, т.е. полностью не накладываются друг на друга. Эта особенность, с одной стороны, не позволяет выполнить совмещение в пространстве вакуума двух сгустков его материальной субстанции, тем самым, создав условия для действия закона Черенкова-Вавилова (Первое Начало Вещества), в результате которого должно появиться электромагнитное колебание (фотон), и, тогда, диполь будет ликвидирован. С другой стороны, такое размещение сгустков материальной субстанции создает условия для появления его кинетики при взаимодействии с другим таким же диполем.

Таким образом, при взаимодействии двух сгустков материальной субстанции вакуума в рассматриваемом диполе не все «возможности» силовых линий участвует во взаимном притяжении (компенсации друг друга), а часть из них выходит за пределы диполя и распространяется в окружающую среду. Именно эта часть, притягивая к себе подобные диполи, несет в себе содержание гравитационной силовой линии, по каждую из его сторон вдоль оси аппликата. Поскольку она является весьма малой долей всей силовой линии магнитного поля, то и, естественно, существенно слабее магнитных сил притяжения. Тем более, что силовая линия магнитного поля, еще и состоит из двух ветвей, каждая из которых распространяется по одну из сторон от сгустка, генерирующего ее. Напомним, одна из них притягивает к себе сгустки вакуума, а вторая их отталкивает вдоль оси аппликата, тем самым, из двух, указанных ветвей, и формируется силовая линия магнитного поля. Как уже отмечалось, в гравитационном диполе силы притяжения обеспечиваются только той частью силовой линии магнитного поля, которая притягивают к себе сгустки вакуума. Вот почему гравитационное поле, составленное из таких частей магнитных силовых линий, несравненно слабее от электрического, и магнитного взаимодействия, да еще, как уже отмечалось, и не все возможности магнитного притягивания силовой линии используется в гравитационном поле.

Итак, рассмотренные выше диполи массы вещества являются строительным материалом для формирования в природе любого элемента Таблицы химических элементов Менделеева. В [5] на примере формирования атома водорода показана модель, согласно которой в природе появляются нейтроны, протоны, позитроны, электроны и, в конечном счете, сам атом. Напомним, если в пластине вакуума созданы условия для возникновения элементарных частиц массы вещества, и если эти условия обеспечивают появление достаточного их количества, то тогда в ней формируется структура, которая обозначается нейтроном.

Формирование этой нейтральной частицы ядра атома обеспечивается взаимным притяжением элементарных частиц массы вещества – гравитационных диполей. Для выяснения этого явления рассмотрим два диполя на таком расстоянии друг друга, при котором имеет место гравитационное взаимодействие между ними. Указанное взаимодействие ослабляет взаимное притяжение элементарных частиц гравитационного поля (сгустков материальной субстанции вакуума), что приводит к неустойчивому состоянию диполя – его составляющие сгустки «пытаются» разлететься в противоположные стороны. То есть сгустки удаляются друг от друга и, тем самым, ослабляют их взаимное притяжение. При таком удалении ось, соединяющая их условные центры, поворачивается, тем самым, поворачивая аппликаты их координатных систем, вдоль которых располагаются силовые взаимодействия элементарных частиц гравитационного поля. Иными словами, меняется их ориентация в двухмерном пространстве пластины вакуума. Такое взаимодействие диполей приводит к вращению их друг вокруг друга [5]. Возникшая вращающаяся пара диполей, взаимодействуя с аналогичной ей парой, формирует структуру, которая аналогичным способом будет вращаться вокруг общего ее центра. Формирование такой структуры ограничивается количеством пар диполей – их расстоянием до общего центра вращения в структуре формируемого нейтрона, которое согласно распределению напряженности поля [2] подчинено функции

$$P = \arctan \frac{a}{x} \quad (3)$$

где  $P$  – силовое значение напряженности поля,  $x$  – расстояние от источника поля до исследуемого места в пространстве,  $a$  – условное место в пространстве, в котором исследуется напряженность поля, обычно, представляющее константу – в рассматриваемом случае – отрезок прямой линии вдоль оси аппликата, которую пересекают исследуемые силовые линии. В [5] показано, что протон является частным вариантом структуры нейтрона, а это позволяет прийти к выводу, что в атоме любого элемента Таблицы Менделеева за массу «отвечает» нейтрон и его разновидность протон. При формировании ядра атома из нейтронов и протонов силы их взаимного притяжения велики за счет очень малых между ними расстояний  $x$  (в ядре атома они стремятся к нулю). Эту особенность сил несложно увидеть из графического представления функции (3), которое эквивалентно следующей математической функции.

$$P = \arctan \frac{1}{x} \quad (4)$$

графическое, представление которой – следующее.

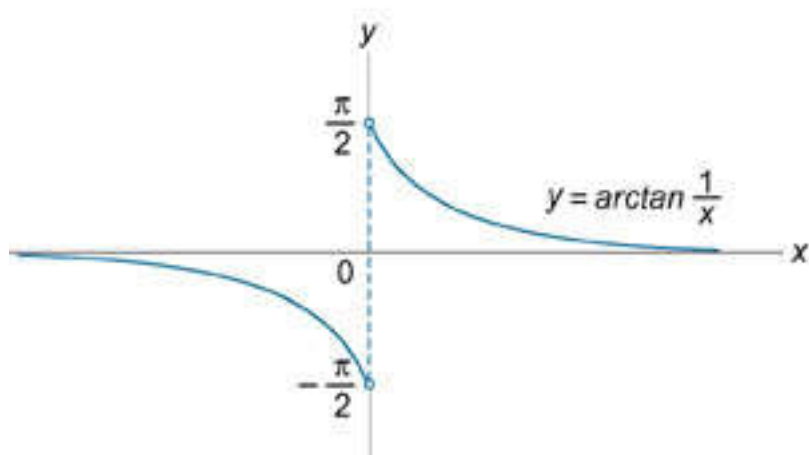


Рис. 1 Графическое представление функции (4)

Особенности формирования, как самих нейтронов, так и протонов в ядре любого атома требуют отдельного изложения, но уже на этом уровне исследований, очевидно, что в вакуум из ядра будут генерироваться силы гравитационного притяжения, которые, суммируясь с такими же силами ядер других атомов вещества, нами регистрируются, воспринимаются, как его масса.

Наши исследования показали, что в природе не существует никакой массы ответственной за инерцию тела. Просто, та единственная масса тела, которая формируется с помощью гравитационных диполей, при внешнем воздействии, приводящем ее в движение, вызывает известную реакцию инерции. Напомним это явление природы.

Рассматриваемое расстояние между сгустками диполя, из множества которых состоит любое вещество (тело), приводит к явлению инерции. Стоит принудительно привести в движение (толкнуть) это тело вдоль оси абсцисс диполя, как его сгусток, который до формирования диполя должен двигаться в ту же сторону, что и рассматриваемое вынужденное движение тела, сместиться туда же, тем самым, увеличивая расстояние в диполе между сгустками материальной субстанции. Это смещение ослабит часть силовой линии магнитного поля, которая отвечает за притяжение сгустков, что, незамедлительно, приведет в движение второго сгустка гравитационного диполя, в противоположную сторону исходному движению. Эта реакция второго сгустка повлияет и на само тело, которое будет «сопротивляться» принудительному толчку, как бы, оставаясь на месте, хотя в нем второй сгусток начинает двигаться в противоположном направлении. Таким образом, внешнее проявление рассматриваемого начала движения тела идентифицируется нами с таким явлением в природе как его инерция. Если сила, вызвавшая это явление инерции, по своей величине, достаточна для того, чтобы разорвать гравитационный диполь, то тогда происходит его разрушение (и разрушение целостности тела). В этом случае сгустки разрушенных диполей разлетаются в разные (противоположные) стороны, уменьшая при этом массу тела. Иными словами, если взвесить общий вес всех кусков тела, которые остались после его разрушения, то она окажется меньшей массы тела до его разрушения.

Обратим внимание еще на одно явление при силовом воздействии на диполь вдоль оси абсцисс, которое имеет место при силовом воздействии на тело. Дело в том, что, при этом, взаимосвязь между его сгустками ослабляется за счет смещения осей аппликата каждого из них. Это ослабление вызывает увеличение значения гравитационного притяжения тел, т.е. увеличения гравитации, и которое в природе можно наблюдать между большегрузными судами в порту, при их маневре. Тогда возникают дополнительные силы гравитации, которые при малых расстояниях между судами могут привести их к разрушению. Вот почему, в порту запрещено судам находиться на малом расстоянии друг от друга.

Если силы, вынуждающие покинуть тело, находящегося в состоянии покоя, не позволяют разрушить гравитационный диполь, то сгустки в нем начнут двигаться, что, в конечном итоге, приведет и к движению тела. Следует заметить, что в этом случае расстояние между сгустками диполя, ось абсцисс которого параллельна направлению вынужденного движения, не будет сокращаться. Тем самым, создается напряженность в теле, которая «стремится» сократить это расстояние, по ходу движения, «неся в себе», потенциальную возможность воздействия на другие окружающие тела. Эту возможность воздействия на другие тела принято относить к потенциальной энергии движущегося тела. Кроме того, движущееся тело, за счет увеличения расстояния между сгустками его гравитационных диполей, имеет несколько увеличенную силу гравитации, иначе за счет этого, как бы масса тела имеет большую величину, нежели масса его покоя. Поскольку, как правило, мы в повседневной жизни имеем дело с малыми скоростями движения тел, а массу тела мы, прежде всего, ощущаем через силовые линии Фарадея гравитационного поля, то это изменение массы тела для нас незаметно.

Кроме того, масса тела ощущается органами чувств человека, а также приборами, выполненными из вещества, как твердое, жидкое и газообразное вещество, т.е. его агрегатное состояние. В такой регистрации состоянии массы тела, прежде всего, играют роль свойства напряженности электрического поля, которые рассмотрены в [4]. Однако определяющая роль для ощущения массы тела принадлежит гравитационному воздействию тела с ее окружением. Частный случай следует отнести к его взаимодействию с гравитацией Земли, и в этом случае мы имеем дело с весом тела, что при определенных обстоятельствах позволяет вместо понятия массы тела использовать его вес.

#### 4. Выводы

Таким образом, исследуемая масса тела является проявлением сгустков материальной субстанции, входящих в него, которое воздействует на окружение посредством силовых линий Фарадея гравитационного поля – чем большее количество этих силовых линий, тем большая масса. В природе масса тела одна, и по существу она определяется количеством указанных силовых линий. Их пересчитать составляет непомерный труд, но регистрировать их совокупное воздействие с помощью приборов и чувств, представляется возможным. Не следует вводить в рассмотрение массу инерции, поскольку отдельно в теле такой специальной массы не существует.

#### Литература

1. Вышинский В.А. Электрические и магнитные силовые линии Фарадея. Электромагнитная волна / В.А. Вышинский // Единый всероссийский вестник, – 2016, – №7. – С. 62-68
2. Вышинский В.А. Элементарные частицы вещества / В.А. Вышинский // Единый всероссийский вестник, – 2016, – №8. – С. 21-29
3. Вышинский В.А. Новая система постулатов(аксиом) – решение шестой проблемы Д.Гильберта / В.А.Вышинский // «Единый всероссийский научный вестник», – 2016, часть 4, – №2, – С.29-34
4. Вышинский В.А. Электромагнитные волны – единственный носитель теплоты / В. А. Вышинский // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, – 2016. – №3. – С.222-225
5. Вышинский В.А. Новая модель атома водорода / В. А. Вышинский // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, – 2016. – №1. – С. 221-226

#### References

1. Vyshinskiy V.A. Elektricheskiye i magnitnyye silovyye linii Faradeya. Elektromagnitnaya volna / V.A. Vyshinskiy // Yedinyy vserossiyskiy vestnik, – 2016, – №7. – S.62-68
2. Vyshinskiy V.A. Elementarnyye chastitsy veshchestva / V.A. Vyshinskiy // Yedinyy vserossiyskiy vestnik, – 2016, – №8. – S. 21-29
3. Vyshinskiy V.A. Novaya sistema postulatov(aksiom) – resheniye shestoy problemy D.Gil'berta / V.A.Vyshinskiy // «Yedinyy vserossiyskiy nauchnyy vestnik», – 2016, – №8, – S.29-34
4. Vyshinskiy V.A. Elektromagnitnyye volny – yedinstvennyy nositel' teploty / V. A. Vyshinskiy // Vimiryuval'na ta obchislyuval'na tekhnika v tekhnologichnikh protsesakh, – 2016. chast' 4 – №2. – S.22225
5. Vyshinskiy V.A. Novaya model' atoma vodoroda / V. A. Vyshinskiy // Vimiryuval'na ta obchislyuval'na tekhnika v tekhnologichnikh protsesakh, – 2016. – №1. – S.221-226

Рецензія/Peer review : 23.1.2018 р.

Надрукована/Printed :7.4.2018 р.

Рецензент :

УДК 66.099

О.Б. ШАНДИБА

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ГРАНУЛ КАРБАМІДУ В ГРАНУЛЯЦІЙНИХ БАШТАХ

**Анотація.** Регулювання взаємодії гранульованих засобів живлення та хімічного захисту рослин в ґрунтово-водних системах сільськогосподарських угідь є актуальною проблемою агропромисловості. Аналіз процесів диспергування плавів азотних добрив у вібраційних грануляторах, що обертаються, та кристалізації гранул показав можливості укрупнення гранулометричних показників продукту за рахунок оптимальних конструктивних параметрів грануляційних башт, оснащених апаратами киплячого шару при раціональному співвідношенні витратних характеристик плава та охолоджуючого повітря.

**Ключові слова:** грануляція карбаміду, гранульований продукт, ґрунтово-водна система, грануляційна башта, охолоджуючий киплячий шар, фракційний склад, тепломасообмін, енергозбереження, розмір гранул.

A.B. SHANDYBA

Sumy National Agrarian University, Sumy

## ENERGY SAVING UNDER UREA GRANULES CRISTALLIZATION INTO PRILLING TOWERS

**Annotation.** Optimization of interaction between granulated fertilizers for feed chemicals and pesticide and plants is the actual problem of agrarian industry. Improvement process of dispersing nitric fertilizers in oscillation running around granulators showed some possibility of enlargement for grain-size indexes of product. The energy saving is arrived at due to the optimal structural parameters of granulation towers with the vehicles of fluid bed and rational correlation for expense descriptions of fertilizers and cooling air.

From experience of exploitation and literary data it is known that the increase of percent content of large granules is arrived at by the increase of diameter of opening of perforation of dispersive shells into vibration granulators. In the ordinary terms of tower granulation this process results in expansion of fractions content for product and to the increase of middle temperature of granules. It is determined possibility of improvement of basic operating indexes of prilling by the construction of granulators, in particular, by quality of perforation of dispersive shells. The terms of interaction between polydispersive stream of fused fertilizers with cooling air also influence on energy consumptions. In present tense the various methods of calculation under technological descriptions of granulation towers are used in engineering practice, are considered as mass-heat transfer countercurrent devices. The amount of cooling air, that peculiar to the towers with natural traction at high intensity of irrigation, even at the considerable height of tower can not provide necessary degree of crystallization of large granules and it will result in sticking of product in the zone of cooling fluid bed. From the brought charts over evidently, that at the values of the indicated descriptions 70% crystallization of large granules under diameter 3,0 mm needs time that approximately twice exceeds the period of crystallization of granules of 2,0 mm.

On existent cooling tower of Odesa plant in a 80 m high in a summer period complete crystallization of granules is attained with practically diameter of 3,0 mm, but only 60-70% crystallization of granules with 4,0 mm. Production of large-sized granules with a middle diameter that exceeds a 3,0 mm, in a summer period in the conditions of Odesa plant is inadvisable and it follows to apply dispersive shells with the diameter of opening of perforation a 1,3 mm, by the general amount of 3900µm. Only in a winter period, passing is recommended to the profiled shells with the diameter of opening a 1,4 mm, by a general amount 3200, that allowed to promote percent content of large-sized granules of carbamide on 20%. Using the hydrodynamic and vibrating methods under dropping-granulation process can determinate the optimal construction parameters.

**Key words:** urea granulation, granulated product, soil-water system, granulation tower, cooling fluid bed, fractions content, mass-heat transfer, energy saving, granules size.

**Вступ.** Надзвичайно важливими конструктивними факторами взаємодії віброгранулятора з грануляційною баштою, що впливає на гранулометричний склад та якість товарного продукту, є висота падіння гранул, відносна витрата охолоджуючого повітря до витрат диспергованого плаву та розмір крапель після перфорованої оболонки гранулятора [1, 2, 3, 4]. Для підвищення агроекологічної ефективності застосування мінеральних добрив і зменшення шкоди довкіллю внаслідок міграції їх компонентів, необхідно збільшити частку товарних добрив пролонгованої дії, в тому числі органомінеральних зі збалансованим вмістом NPK та оптимальним гранулометричним складом [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Слід також зауважити, що тепломасообмінні характеристики грануляційних башт Одеського припортового заводу, є досить високими при їх висоті 80 м, обладнаних охолоджувачами киплячого шару, що дозволяє отримати продукт з укрупненим гранулометричним складом, який відповідає вищій категорії якості. Але, виходячи з гідродинамічних та теплофізичних умов охолодження і кристалізації гранул, в літній період середній розмір отриманих гранул повинен бути обмежений 3,0 мм.

**Виклад основного матеріалу.** З досвіду експлуатації та літературних даних [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] відомо, що збільшення процентного вмісту крупних гранул досягається збільшенням діаметру отворів перфорації диспергуючих оболонок віброгрануляторів і в звичайних умовах баштової грануляції призводить до розширення фракційного складу продукту та підвищенню середньої температури гранул. Можливості поліпшення основних експлуатаційних показників приливання



визначається конструкцією гранулятора, зокрема, якістю перфорації диспергуючих оболонок, а також умовами взаємодії полідисперсного потоку розбризаного плаву з охолоджуючим повітрям. В теперішній час в інженерній практиці застосовуються різноманітні способи розрахунку технологічних характеристик грануляційних башт, що розглядаються як протитечійні тепломасообмінні апарати [3, 4]. Вони відрізняються системою прийнятих припущень, формою математичної моделі [19], кількістю конструктивних параметрів, що визначаються, та точністю отриманих результатів. Вибір того чи іншого способу розрахунку на стадії проектування приймається в кожному конкретному випадку з урахуванням технічних вимог та конструкції віброгранулятора. В даній роботі враховувались тепломасообмінні характеристики грануляційних башт ОПЗ, оснащених віброгрануляторами системи Б.Г. Холіна з ламінаризованою перфорацією диспергуючих оболонок. Розрахунок проводився із застосуванням удосконаленої програми «Гранула», представленій на рис. 1.



Рис.1. Блок-схема ППП «Гранула»

Для аналізу експериментальних даних та результатів розрахунків доцільно скористатися безрозмірною функцією ступеню кристалізації, що являє собою відношення маси закристалізованого плава до початкової маси краплі, що утворилася під впливом вібрації:

$$E = m/m_0 \quad (1)$$

З літератури [2,9] відомо, що інтенсивність кристалізації має максимальне значення у верхній частині гранбашти, де температура поверхні крапель диспергованого плаву стає рівною температурі кристалізації і в подальшому поступово знижуватиметься по мірі нарощування та зміцнення закристалізованого шару та погіршення тепловіддачі рідкого ядра гранули в потік охолоджуючого повітря.

Кінетика цього процесу при постійному співвідношенні витрат плава та охолоджувача досить добре моделюється рівнянням;

$$\frac{dm}{d\tau} = k \left(1 - \frac{m}{m_0}\right) \quad (2)$$

Неважко помітити, що співмножник  $(1 - m/m_0)$  визначає долю рідної рідкої фази в гранулі, а інтенсивність кристалізації, таким чином, буде пропорційна відносній масі незакристалізованого плаву. Коефіцієнт пропорційності  $k$  залежить від аерогідродинамічних характеристик та масообмінних характеристик гранбашти і має фізичний сенс максимальної швидкості кристалізації в початковий момент польоту краплі плаву. Рішення наведеного рівняння свідчить про експоненційний характер кристалізації гранул у відповідності до відомої функції А.М. Колмогорова та корелюється з експериментальними даними НДІ ХІММАШ [ 1, 2, 9 ] рис. 1.

На підставі багаторічного досвіду промислової експлуатації встановлено, що достатня міцність гранул на останній стадії охолодження в киплячому шарі та відсутність налипання продукту на елементи конструкції охолоджувача досягається при ступені кристалізації не менш, ніж 70-80 %. Враховуючи наведені дані, визначається необхідний час падіння гранул в кореляції з бажаним їх максимальним діаметром, висотою башти та кліматично-погодними умовами.

Аналіз швидкості кристалізації гранул різного діаметру показав, що її максимальне значення  $k$ , що фігурує в показнику експоненти рівняння (2), залежить від площі поверхні охолодження, тобто прямо пропорційне квадрату діаметра гранули. З іншого боку маса гранули збільшується пропорційно кубу її діаметра і є стримуючим кристалізацію фактором. Тому після перетворень рівняння (2) отримаємо оцінювальне значення експоненти кристалізації у вигляді:

$$E = 1 - \exp\left(-\frac{\alpha\tau}{d}\right), \quad (3)$$

де  $\alpha$  - параметр, характеризуючий швидкість просування фронту кристалізації всередині гранули, мм/с;  $d$  - діаметр гранули, мм;  $\tau$  - час падіння гранули в башті, с.

### Експериментальні результати.

Згідно даних К.А. Казакової [1] на ступінь кристалізації гранул значно впливає співвідношення масових витрат охолоджуючого повітря та плава  $Q/q$ . Характер зміни кривих охолодження та кристалізації гранул різного діаметра представлений на рис. 2. Основний висновок, який можна зробити з аналізу цих графіків, полягає в тому, що збільшення витрати охолоджуючого повітря і, тобто витратної характеристики  $Q/q$ , з метою підвищення ступеню кристалізації гранул має сенс лише до деякої межі, що визначається висотою гранбашти та аеродинамічними умовами охолодження. При цьому оптимальне енергоефективне співвідношення витратної та тепломасообмінної характеристики [10] процесу  $\alpha\tau/d$  знаходиться в області перегину графіків. Неважко помітити, що кінцеві ділянки кристалізаційних кривих, паралельних осям координат вказують на можливість скорочення витратної характеристики за рахунок зменшення подачі охолоджуючого повітря. З іншого боку, якщо кристалізаційні криві паралельні координатній осі висоти гранбашти, то саме на цей розмір може бути зменшена висота гранбашти.

Звернемо також увагу, що недостатня питома кількість охолоджуючого повітря, що властива баштам з природньою тягою при високій інтенсивності зрошення, навіть при значній висоті башти може не забезпечити необхідну ступінь кристалізації крупних гранул і це призведе до налипання продукту в зоні киплячого шару. Так, з наведених графіків видно, що при постійних значеннях вказаних характеристик 70% кристалізація крупних гранул діаметром 3,0 мм потребує часу, що приблизно вдвічі перевищує період кристалізації гранул діаметром 2,0 мм. Якщо повна кристалізація гранул діаметром 2,0 мм відбувається за 8,5 секунд падіння її з висоти 50 м, то для кристалізації 3,0 мм гранул необхідно  $8,5 \cdot 1,5 = 13$  с і відповідна висота гранбашти, що становить 75-80 м.

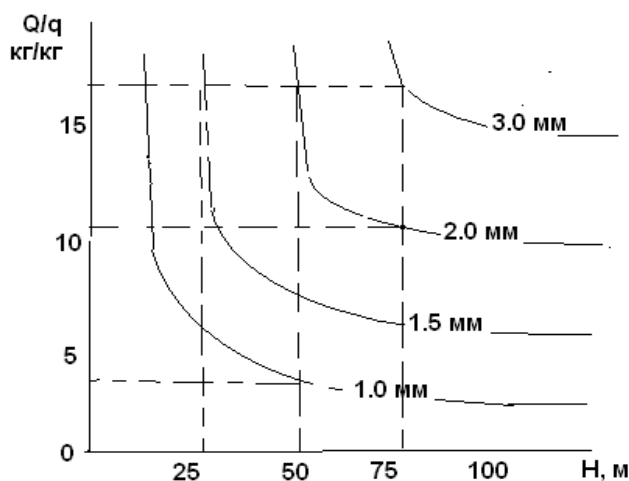


Рис. 2. Система ізольних ефективності кристалізації гранул в залежності від висоти башти та витратних характеристик

На існуючих гранбаштах Одеського припортового заводу висотою 80 м в літній період досягнута практично повна кристалізація гранул діаметром 3,0 мм, але лише 60-70% кристалізація 4,0 мм гранул. Виробництво укрупнених гранул з середнім діаметром, що перевищує 3,0 мм, в літній період в умовах ОПЗ є недоцільним і слід застосовувати диспергуючі оболонки з діаметром отворів перфорації 1,3 мм, загальною кількістю 3900 шт. Лише в зимовий період рекомендується перехід на профільовані оболонки з діаметром отворів 1,4 мм, загальною кількістю 3200, що дозволило підвищити процентний вміст укрупнених гранул карбаміду на 20%.

**Висновки.** Регулювання взаємодії гранульованих засобів живлення та хімічного захисту рослин в ґрунтово-водних системах сільськогосподарських угідь є актуальною проблемою агровиробництва.

1. Енергозбереження в процесі диспергування плавов азотних добрив у вібраційних грануляторах, що обертаються, показала можливість укрупнення гранулометричних показників продукту за рахунок оптимальних конструктивних параметрів грануляційних башт.

2. Збільшення витрати охолоджуючого повітря і, тобто витратної характеристики  $Q/q$ , з метою підвищення ступеню кристалізації гранул має сенс лише до деякої межі, що визначається висотою гранбашти та аеродинамічними умовами охолодження. При цьому оптимальне енергоефективне співвідношення витратної  $Q/q$  та тепломасообмінної характеристики процесу  $\alpha\tau/d$  знаходиться в області перегину графіків.

## Література

1. Холин Б.Г. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости.- М.: Машиностроение, 1977.- 284 с.
2. Отчет о НИР «Оказание научно-технической помощи в освоении вращающихся виброгрануляторов на агрегатах карбамида АК-80 и исследование возможности получения гранул размером 2,7-3,2 мм.» // Сумский филиал ХПИ, Номер госрегистрации № 01.89.00.19.177. Сумы -1989. // Науч. рук. д.т.н. Холин Б.Г.
3. Холин Б.Г., Шандыба А.Б., Хохлов Л.Г. и др. Расчет перфорированных оболочек центробежных и вибрационных грануляторов.- Химическая промышленность, № 4, 1991.- С.40-42.
4. Шандыба О.Б. Гідродинамічні умови в перфорованих оболонках відцентрових грануляторів та диспергаторів.- Вісник СДАУ, № 5 , сер."Механізація та автоматизація виробничих процесів".- Суми: Козацький вал, 2000.- С.81-84.
5. Шандыба О.Б., Визначення геогідродинамічних параметрів міграції рухомих забруднень в ґрунті.- Зб. наук. статей III Міжнародної науково-практичної конференції "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення", Т. 2 /УкрНДІЕП.-Х., Райдер, 2007.- С. 208-211.
6. Денисов Д.Г. Экспериментальное исследование процесса растворения гранулированного коагулянта.- "Вестник ИГЭУ", Вып.2, 2008.- С.1 – 4.
7. Шандыба О.Б., Шпетний Д.М., Курило А.О. Прогнозування міграції токсичних компонентів на забруднених територіях. / Инновационные подходы к развитию медицины, фармацевтики и эколого-биологических исследований / [авт.кол. : Князева М.В., Колесов С.В., Хохленкова Н.В.и др.]– Одесса: КУПРИЕНКО С.В, 2015.–192с.
8. Н.О.Артюхова, О.Б. Шандыба, А.О.Артюхов. Оценка энергетической эффективности многоступенчатой конвективной сушки концентратов и минерального сырья //Науковий Вісник НГУ, № 1(139). - 2014, С. 92-98.
9. Толбатов А.В. Вплив розчинності гранульованих мінеральних добрив на динаміку міграції рухомих вомпонентів в ґрунтово-водних системах схилових земель /О.Б. Шандыба, Д.М. Шпетний, А.В. Толбатов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2015. – №4 –С.64–68.
10. Толбатов В.А. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах : навч. пос. / В.А. Толбатов, І.Л. Лебединський, А.В. Толбатов / – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 195 с.
11. Толбатов А.В. Перспективные достижения современных ученых: техника и технологии: Анализ та розробка концепції моделювання бізнес-процесів промислового підприємства з точки зору сучасної методології аналізу та проектування складних систем / [авт.кол.: Толбатов А.В, Толбатов В.А, Толбатов С.В., В'юненко О.Б., Толбатова О.О. и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО С.В, 2017 – 219 с.
12. Толбатов А.В. Автоматизація розрахунків балансу гумусу та поживних речовин в ґрунті / Н.Б. Пасько, А.В. Толбатов, О.Б. В'юненко, Р.С. Ковальов, І.А. Шеховцова // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2017. – №4 –С.109–118.
13. B. Shandyba, D. M. Shpetny. 2015. Pollution migration forecast for soil geochemistry mapping. - Geomatics, Landmanagement and Landscape. No. 3 • 2015, 101–112.
14. Tolbatov A.V. Functional modeling – methodological basis for invertigation of business processes at industrial enterprises / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, S.V. V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devicesin technological processes. – Khmel'nyts'kyy, 2017. – №3 –P. 186–189.
15. Tolbatov A. Data representing and processing in expert information system of professional activity analysis / Zaritskiy, O., Pavlenko, P., Tolbatov, A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 831–833.
16. Tolbatov A. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / Zaritskry, O., Pavlenko, P., Sudic, V., Tolbatov, A., Tolbatova, O., Tolbatov, V., Viunenko, O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017–Proceedings – Lviv, 2017. – P.101–104.
17. Tolbatov A.V. Information technology for data exchange between production purpose integrated automated systems / P.M. Pavlenko, A.V. Tolbatov, V.V. Tretiak, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, H.A. Smolyarov, O.B. Viunetko // International scientific-technical magazine Measuring and computing devicesin technological processes. – Khmel'nyts'kyy, 2016. – №1 –P. 86–89.
18. Tolbatov A.V. Business processes management at machine-building enterprise / A.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, I.A. Shekhovtsova, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devicesin technological processes. – Khmel'nyts'kyy, 2017. – №4 –P. 119–124.
19. Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / E. Lavrov, N. Pasko, A. Krivodub, A. Tolbatov // TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 72–75.

## References

1. Holin B.G. Tsentrobezhnyie i vibratsionnyie granulyatoryi plavov i raspyliteli zhidkosti.- M.: Mashinostroenie, 1977.- 284 s.
2. Otchet o NIR «Okazanie nauchno-tehnicheskoy pomoschi v osvoinii vraschayuschihhsya vibrogranulyatorov na agregatah karbamida AK-80 i issledovanie vozmozhnosti polucheniya granul razmerom 2,7-3,2 mm.» // Sumskiy filial HPI, Nomer gosregistratsii № 01.89.00.19.177. Sumyi -1989. // Nauch. ruk. d.t.n. Holin B.G.
3. Holin B.G., Shandyiba A.B., Hohlov L.G. i dr. Raschet perforirovannykh obolochek tsentrobezhnykh i vibratsionnykh granulyatorov.- Himicheskaya promyshlennost, № 4, 1991.- S.40-42.
4. Shandyba O.B. Hidrodinamichni umovy v perforovanykh obolonkakh vidtsentrovnykh hranulyatoriv ta dysperhatoriv.- Visnyk SDAU, № 5 , ser."Mekhanizatsiya ta avtomatyzatsiya vyrobnychyykh protsesiv".- Sumy: Kozats'kyu val, 2000.- S.81-84.
5. Shandyba O.B., Vyznachennya heohidrodinamichnykh parametrov mihratsiyi rukhomykh zabrudnen' v hrunti.- Zb. nauk. statey III Mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi "Ekolohichna bezpeka: problemy i shlyakhy vyrishennya", T. 2 /UkrNDIEP.-Kh., Rayder, 2007.- S. 208-211.
6. Денисов Д.Г. Экспериментальное исследование процесса растворения гранулированного коагулянта.- "Вестник ИГЭУ", Вып.2, 2008.- С.1 – 4.
7. Shandiba O.B., Shpetniy D.M., Kurilo A.O. 2015. Prohnozuvannya mihratsiyi toksychnykh komponentiv na zabrudnenykh terytoriyakh / Innovatsionnyie podhodyi k rozvitiyu meditsyni, farmatsevtiki i ekologo-biologicheskikh issledovaniy / [avt.kol. : Knyazeva M.V., Kolesov S.V., Hohlenkova N.V.i dr.]– Odessa: KUPRIENKO S.V, 2015.–192s.
8. N.O.Artyuhova, O.B. Shandiba, A.O.Artyuhov. Otsenka energeticheskoy effektivnosti mnogostupenchatoy konvektivnoy sushki kontsentratorov i mineralnogo syirya // Naukovyy Visnyk NHU, № 1(139). - 2014, S. 92-98.
9. Tolbatov A.V. Vplyv rozchynnosti hranul'ovanykh mineral'nykh dobryv na dynamiku mihratsiyi rukhomykh vomponentiv v hruntovo-vodnykh systemakh skhylovykh zemel' /O.B. Shandyba, D.M. Shpetnyy, A.V. Tolbatov // Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – Khmel'nyts'kyy, 2015. – №4 –S.64–68.
10. Tolbatov V.A. Orhanizatsiya system enerhozberezhennya na promyslovykh pidpryyemstvakh : navch. pos. / V.A. Tolbatov, I.L. Lebedyns'kyy, A.V. Tolbatov / – Sumy: Vyd-vo SumDU, 2009. – 195 s.
11. Tolbatov A.V. Perspektivnyie dostizheniya sovremennykh uchenyih: tekhnika i tehnologii: Analiz ta rozrobka kontseptsiyi modelyuvannya biznes-protsesiv promyslovoho pidpryyemstva z tochky zoru suchasnoyi metodolohiyi analizu ta proektuvannya skladnykh system / [Tolbatov A.V, Tolbatov V.A, Tolbatov S.V., V'yunenko O.B., Tolbatova O.O. i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2017 – 219 s.
12. Tolbatov A.V. Avtomatyzatsiya rozrakhunkiv balansu humusu ta pozhyvnykh rechovyn v hrunti / N.B. Pas'ko, A.V. Tolbatov, O.B. V'yunenko, R.S. Koval'ov, I.A. Shekhovtsova // Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – Khmel'nyts'kyy, 2017. – №4 –S.109–118.

Рецензія/Peer review : 21.1.2018 р.

Надрукована/Printed :7.4.2018 р.

Рецензент :

## МЕТОД КОНТРОЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ ВИБРОЧАСТОТНЫМ МЕТОДОМ

Сегодня основными методами контроля тепломассообменных газожидкостных процессов являются общепринятые измерения давления, скорости, уровня жидкости до или после аппарата, которые не дают информации о интенсивности процесса турбулизации или возникающих пульсаций. Кроме того, измеряемые величины не могут характеризовать возникающие пульсации, которые характеризует процесс тепломассообмена. Поэтому разработка универсального метода контроля возникающих эффектов в зоне контакта фаз является перспективным аспектом решения актуальной научной задачи контроля интенсификации тепломассообменных процессов в газожидкостных аппаратах.

При контактировании газа и жидкости ввиду одновременного появления колебаний давления, вызванных различными причинами и имеющих различные амплитудно-частотные характеристики, образуется сложная колебательная система со многими степенями свободы. Элементы структуры газожидкостной системы можно представить как несвязанные между собой резонаторы с различными собственными частотами колебаний. Основной задачей контроля интенсификации процессов в газожидкостных системах виброчастотным методом является измерение амплитудно-частотных характеристик колебаний.

В работе исследовали частоту колебаний пульсирующего в жидкости пузырька с целью оценки влияния волнового поля. Были определены кинематические и силовые характеристики волнового поля пузырька, пузырек выступал в роли сферического излучателя. Газовый пузырек был представлен в жидкости как колебательная система с сосредоточенными параметрами. Получено выражение для определения резонансной частоты такой системы.

Была разработана структурная схема автоматической системы контроля для реализации предложенного метода контроля эффективности тепломассообменного газожидкостного процесса путем измерения амплитудно-частотных характеристик среды внутри аппарата в сочетании с контролем основных параметров процесса. Аprobация предложенной схемы прошла успешно.

**Ключевые слова:** виброчастотный метод, интенсификация процесса, тепломассообмен, частота, пузырек, пульсация.

O.Yu. OLIYNYK

State Higher Educational Institution «Ukrainian State Chemical Technology University»

## CONTROL OF INTENSIFICATION OF THERMAL-ASSOCIATED GAS-LIQUID PROCESSES BY A VIBROCHASTIC METHOD

The main methods for controlling heat and mass exchange gas-liquid processes are generally accepted measurements of pressure, velocity, liquid level before or after the apparatus, which do not provide information on the intensity of the turbulence process or the resulting pulsations. In addition, the measured quantities can not characterize the arising pulsations that characterize the heat and mass transfer process. Therefore, the development of a universal method for controlling the arising effects in the phase contact zone is a promising aspect of the solution of the current scientific task of controlling the intensification of heat and mass exchange processes in gas-liquid vehicles.

When gas and liquid are contacted due to the simultaneous occurrence of pressure fluctuations caused by different causes and having different amplitude-frequency characteristics, a complex oscillatory system with many degrees of freedom is formed. Elements of the structure of the gas-liquid system can be represented as unconnected resonators with different natural frequencies of oscillations. The main task of controlling the intensification of processes in gas-liquid systems by a vibro-frequency method is to measure the amplitude-frequency characteristics of the oscillations.

The frequency of vibrations of a bubble pulsating in a liquid was investigated in order to evaluate the influence of the wave field. The kinematic and force characteristics of the bubble wave field were determined, the bubble acted as a spherical radiator. The gas bubble was represented in the liquid as an oscillating system with lumped parameters. An expression is obtained for determining the resonance frequency of such a system.

A block diagram of the automatic control system was developed to implement the proposed method for monitoring the efficiency of the heat-mass-internal gas-liquid process by measuring the amplitude-frequency characteristics of the medium inside the apparatus in combination with monitoring the main process parameters. Approval of the proposed scheme was successful.

**Key words:** vibration frequency method, process intensification, heat and mass transfer, frequency, bubble, pulsation..

### Введение

Скорость тепломассообменных процессов определяется интенсивностью переноса вещества и энергии. Известно, что наложение колебаний извне в некоторых областях частот, соответствующих собственной частоте колебаний элементов структуры, приводит к интенсификации процесса переноса [1]. Одним из наиболее часто применяемых способов интенсификации таких технологических процессов является турбулизация контактирующих фаз на поверхности их раздела [2]. В настоящее время предложены и исследованы разнообразные методы интенсификации тепломассообмена. Для этой цели широко используются турбулизаторы потока на поверхности, закрутка потока завихрителями, установленными на входе в аппараты, подмешивание к потоку жидкости газовых пузырей, вращение или вибрация поверхности тепломассообмена, воздействие на поток электростатических, магнитных полей [3].

Одновременно с этим, несмотря, на актуальность проблемы интенсификации теплообмена в газожидкостных аппаратах, в литературе практически не рассмотрен вопрос контроля процессов турбулизации. В турбулентном потоке элементарные струи изменяют скорость и направление, в связи с чем в каждой точке объема происходит пульсация скорости [4]. Существует много подходов к оценке и контролю интенсивности массообменных процессов внутри аппаратов. Большинство известных методов сводится к контролю косвенных параметров процесса: измерению расхода и температуры на входе и выходе аппарата, скорости потоков жидкости и газа [5]. По данным [6] для контроля теплообменного процесса нагрева жидкости измеряли давление пара перед рабочим участком аппарата, скорость потока. Затем расчетным путем определяли эффективность работы.

Главным недостатком описанных методов контроля теплообменных процессов является то, что общепринятые измерения давления, скорости, уровня жидкости до или после аппарата не дают информации о интенсивности процесса турбулизации. Размещение датчиков в аппарате не всегда невозможно из-за эрозионного действия на измерительные преобразователи [7]. Кроме того, измеряемые величины не могут характеризовать возникающие пульсации, которые характеризует процесс теплообмена.

Вместе с тем, максимальный эффект от воздействия турбулизации и собственных колебаний среды возникает при достижении эффекта резонанса [8]. Однако на сегодняшний день данные о методах контроля резонансных частот в газо-жидкостных аппаратах отсутствуют. Нет достаточно универсальной методики и оборудования, хотя известно большое количество вибросигнальных датчиков, которые успешно применяются в частных случаях [9].

Таким образом, разработка универсального метода контроля возникающих эффектов в зоне контакта фаз является перспективным аспектом решения актуальной научной задачи контроля интенсификации теплообменных процессов в газожидкостных аппаратах.

#### **Анализ последних публикаций и постановка проблемы**

Энергия газовых струй в газожидкостном слое преобразуется в кинетическую энергию пульсаций и потенциальную энергию поверхностного натяжения, которые, в свою очередь, могут переходить друг в друга.

Амплитудно-частотные характеристики колебаний в газожидкостном слое определяются многими факторами: конструкцией распределителей газа, частотой отрыва пузырей и их размером, скоростью контактирующих фаз и их физико-химическими свойствами, давлением, температурой и др. Максимальный эффект интенсивности воздействия на теплообменный процесс реализуется при совпадении частот налагаемых из вне и собственных колебаний среды или элементов структуры слоя, т.е. когда наступает резонанс [10].

Известно, что локальные гидродинамические параметры газожидкостного слоя изменяются по его высоте случайным образом, причем средняя частота пульсаций газосодержания, скорости газовой фазы, статистического давления и т. п. лежит в пределах  $1-15 \text{ с}^{-1}$ . Изучению вопроса о влиянии пульсаций контактирующих фаз на эффективность процессов теплообмена в газожидкостном слое посвящено значительное количество исследований [11]. Однако в настоящее время практически отсутствуют сведения о методах контроля возникающих пульсаций или эффектов турбулентности в газожидкостных промышленных массообменных аппаратах или реакторах. Затруднения в практической реализации методов контроля могут быть связаны с возникающими сложностями при получении соотношения для оптимальной формы продольных и поперечных колебаний резонатора, при которой достигается максимальная чувствительность к контролируемому параметру, соотношения сигнал/шум, характеристики измерительного преобразователя частоты колебаний резонатора [8].

Таким образом, при контактировании газа и жидкости ввиду одновременного появления колебаний давления, вызванных различными причинами и имеющих различные амплитудно-частотные характеристики, образуется сложная колебательная система со многими степенями свободы. Элементы структуры газожидкостной системы можно представить как несвязанные между собой резонаторы с различными собственными частотами колебаний. Тогда основная задача контроля интенсификации процессов в газожидкостных системах вибро-частотным методом сводится к амплитудно-частотным характеристикам колебаний.

#### **Цель и задачи исследования**

Цель данной работы: разработать метод контроля интенсификации теплообменных газожидкостных процессов вибро-частотным методом. Для достижения поставленной цели в задаче необходимо решить следующие задачи:

обосновать возможность использования амплитудно-частотные характеристики контактирующих фаз для контроля интенсификации теплообменных газожидкостных процессов вибро-частотным методом;

разработать структурную схему автоматической системы контроля и управления аппаратом с теплообменным газожидкостным процессом.



**Контроль колебаний контактирующих фаз в тепломассообменных газожидкостных процессах**

Газожидкостной слой в аппарате представляет собой совокупность пузырьков, ячеек, струй, вихрей различных размеров. При этом на интенсивность тепломассобменного процесса могут влиять параметры пульсации газовой фазы, размер пузырьков, частота их собственных колебаний, количество поглощенной энергии и, количество жидкости внутри пузырьков, оказывающее существенное влияние на скорость распределения звука и частоту собственных колебаний.

При контакте газа и жидкости возникают амплитудно-частотные колебания контактирующих фаз, которые связаны со скоростью газового потока, нестабильностью межфазной поверхности, волнообразованием газожидкостного слоя. Это способствует возникновению межфазовой турбулентности и турбулентной пульсации поверхности раздела контактирующих фаз. В результате энергия газового потока в газожидкостном слое трансформируется в кинетическую энергию пульсаций и потенциальную энергию поверхностного натяжения. При этом они взаимно переходят друг в друга [12].

Максимальный эффект процесса происходит при совпадении налагаемых частот и собственных колебаний элементов структуры газожидкостного слоя, т.е. с возникновением резонанса.

В работе исследовали частоту колебаний пульсирующего в жидкости пузырька с целью оценки влияния волнового поля. Для этого определяли кинематические и силовые характеристики волнового поля пузырька, при этом пузырек выступал в роли сферического излучателя. Если представить пузырек в виде пульсирующей сферы, все точки которой колеблются по следующему закону [10]:

$$V_n(\tau) = \frac{\partial \Phi}{\partial \tau} = V_0(i\omega\tau), \quad (1)$$

где  $V_n(\tau)$  – скорость колебания точек по нормали к поверхности сферы,  $\Phi$  – потенциал скорости,  $\omega=2\pi f$  – циклическая частота.

Воспользовавшись известными [13] связями потенциалами скорости  $\Phi$  с уравнением гидродинамики линейного приближения, можно получить радиальную составляющую скорости частиц жидкости:

$$V = -\frac{\partial \Phi}{\partial r} = \frac{1}{r^2} [A(1+ikr)e^{i(\omega\tau-kr)} + B(1-ikr)e^{i(\omega\tau+kr)}], \quad (2)$$

и волнового давления:

$$P = i\omega\rho\Phi,$$

$$P = \frac{i\omega\rho}{r} [A \exp(-ikr) + B \exp(ikr)] e^{i\omega\tau}, \quad (3)$$

где  $k=\omega/c$  – волновое число.

Коэффициенты А и В в уравнении (2) определяли по следующим соображениям. Из условий излучения  $\Phi_{r \rightarrow \infty} \rightarrow 0$  следует, что В=0. С учетом (1) при  $r=a$  получим выражение для А:

$$A = V_0 a^2 / (1 + ika). \quad (4)$$

Подставляя выражения (4) и (3) для А и В в (2), определим, что для волнового поля пульсирующей сферы:

$$\Phi = \frac{1}{r} \frac{V_0 a^2}{1 + ika} \exp[i(\omega\tau - kr_1)]; \quad (5)$$

$$V = \frac{V_0 a^2}{1 + ika} \frac{1 + ikr}{r^2} \exp[i(\omega\tau - kr_1)]; \quad (6)$$

$$P = \frac{V_0 a^2}{1 + ika} \rho \frac{i\omega}{r} \exp[i(\omega\tau - kr_1)]; \quad (7)$$

при:

$$r_1 = r - a. \quad (8)$$

Имея кинематические и силовые характеристики волнового поля, определим активную и реактивную составляющие механического импеданса колебательной системы пузырек газа - жидкость с учетом присоединенной к пузырьку массы жидкости [14]. Исходя из [14], присоединенная к пульсирующей сфере масса жидкости будет равна:

$$M = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{\rho c 4\pi a^2}{\omega} \frac{ka}{1+k+a^2} = \frac{4\pi a^3 \rho}{1+k^2 a^2} = \frac{3M_0}{1+k^2 a^2}, \quad (9)$$

где  $M_0$  – масса жидкости в объеме шара радиуса  $a$ .

Для низких частот  $K \rightarrow 0$  и  $M \rightarrow 3M_0 = 4\pi a^3 \rho_{ж}$ ; т.е. получаем известное [15] утверждение о том, что масса жидкости, присоединенная к пульсирующему пузырьку газа, численно равна утроенной массе

жидкости, вытесненной этим пузырьком.

Представив газовый пузырек в жидкости как колебательную систему с сосредоточенными параметрами, резонансную частоту такой системы можно определить по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{(m + m_s)C_s}}, \quad (10)$$

где  $m_s$  – эквивалентная масса;  $C_s$  – эквивалентная упругость;  $M$  – присоединенная масса. Поскольку  $m_s \ll M$ , то в качестве основного инерционного элемента выступает присоединенная масса. Определив эквивалентную упругость системы пузырек – жидкость как отношение изменения радиуса к общей сжимающей силе, получим:

$$\omega_0 = \frac{1}{a} \sqrt{\frac{3\rho_s C_s^2}{\rho_{ж}}}, \quad (11)$$

Переходя от круговой частоты к линейной, с учетом:  $\chi_p = \rho_s C_s^2$ , получим зависимость:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi a} \sqrt{\frac{3\chi}{\rho_{ж}}} = \frac{1}{2\pi a} \sqrt{\frac{3\rho_s C_s^2}{\rho_{ж}}}, \quad (12)$$

Следовательно, эффект интенсификации процессов может быть оценен путем измерения частоты колебаний среды.

Разработанная структурная схема (рис.1) реализует предложенный метод контроля эффективности тепломассобменного газожидкостного процесса путем измерения амплитудно-частотных характеристик среды внутри аппарата в сочетании с контролем основных параметров процесса.

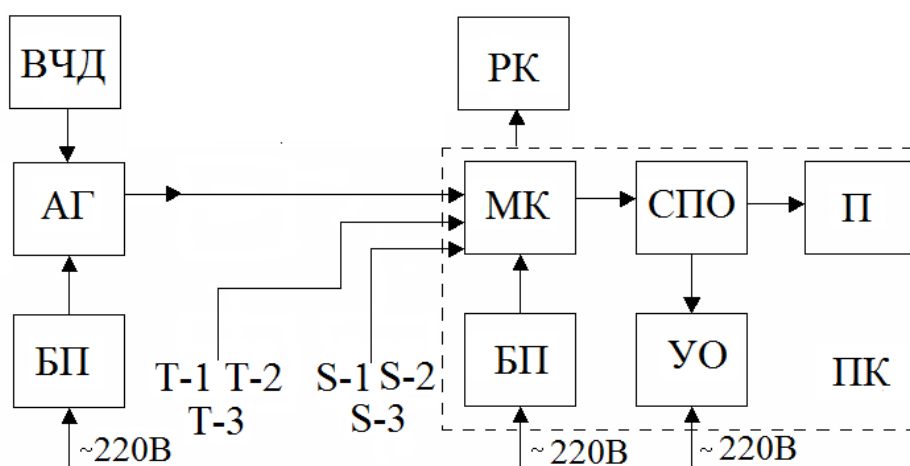


Рис.1 Структурная схема разработанной автоматической системы контроля и управления аппаратом с тепломассобменным газожидкостным процессом, где ВЧД – вибро-частотный датчик; АГ – автогенератор; БП – блок питания; МК – микроконтроллер; СПО – специализированное программное обеспечение, П – память; УО – устройство отображения информации; T-1, T-2, T-3, S-1, S-2, S-3 – датчики температуры; РК – регулирующий клапан.

Предлагается оснастить аппарат блоком управления (МК), обеспечивающим возможность ряда пользовательских настроек, например, как контроль максимальной температуры на выходе аппарата, или определение средней эффективности работы аппарата.

Для измерения частоты сигнала вибро-частотного датчика и коррекции дополнительных погрешностей резонаторных и температурных преобразователей было разработано специализированное программное обеспечение в среде Lab-VIEW. Программное обеспечение представляет собой частотомер, выполненный на базе аналого-цифрового преобразователя и персонального компьютера, фильтрация сигналов осуществляется программно с использованием программной среды Python [16].

### Выводы

В работе предложен метод контроля интенсификации тепломассообменных газожидкостных процессов вибро-частотным методом. Описанный метод позволяет использования амплитудно-частотные характеристики контактирующих фаз для контроля интенсификации тепломассообменных газожидкостных процессов вибро-частотным методом. Главным достоинством метода является отсутствие необходимости обработки большого массива результатов измерений косвенных характеристик процесса и получение расчетным путем расчетного значения эффективности процесса.

Предложенная структурная схема автоматической системы контроля и управления теплообменным газожидкостным процессом была реализована при автоматизации кавитационного теплогенератора. Апробация предложенного метода контроля интенсификации теплообменного процесса выполнена при автоматизации процесса кавитации в тепловой схеме для децентрализованного теплоснабжения в условиях ООО «Укравиа» (г. Павлоград, Украина) [17].

### Литература

1. Дульнев Г. Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, –2012. – 195 с.
2. Кузма-Китча, Ю. А. Методы интенсификации теплообмена. – М.: Изд-во МЭИ. – 2001. – 112 с.
3. Ибрагимов У. Х., Шамуратова С. М., Рахмонов Б. А. Интенсификация теплообмена в каналах, Молодой ученый. – 2016. – №8. – С. 225– 229.
4. Rudolf P. D, Kubina J., Kozák B., Maršálek E., Maršálková F. Pochylý Experimental investigation of hydrodynamic cavitation through orifices of different geometries [Text] / P. Rudolf, // EPJ Web of Conferences.– 2017. Vol.143:02098. doi 10.1051/epjconf/201714302098
5. Shuji Hattori, Takuya Hirose, Kenichi Sugiyama Prediction method for cavitation erosion based on measurement of bubble collapse impact loads, Wear. –2010.– P.507-514.
6. Živný M., Martin M., Unger J., Zima P., Müller M.. Design of experimental setup for investigation of cavitation bubble collapse close to a solid wall [Text] / // EPJ Web of Conferences. –2012. Vol.25:02017 doi10.1051/epjconf/ 20122502017
7. Mardiana A., Riffat S.B. Review on Physical and Performance Parameters of Heat, Recovery Systems for Building Applications. Renew. a. Sust. Energy Rev.–2013. Vol. 28. –P.174–190
8. Oliynyk O., Taranenko Yu., Shvachka A., Chorna O. Development of auto-oscillating system of vibration frequency sensors with mechanical resonator , Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – Vol.85. – P. 56-60. doi.org/10.15587/1729–4061.2017.93335
9. Han Yan, Wen-Ming Zhang, Hui-Ming Jiang, Kai-Ming Hu Pull-In Effect of Suspended Microchannel Resonator Sensor Subjected to Electrostatic Actuation, Sensors. – 2017. – Vol. 17(1), – P. 114; doi: 10.3390/s17010114
10. Никольский В. Е. Интенсификация теплообменных процессов в аппаратах погружного горения колебаниями контактирующих фаз, ScienceRise. – 2015. – Т. 7. – №. 2 (12).
11. Дульнев Г. Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, –2012. – 195 с.
12. Прокофьев В. В. О возникновении автоколебаний в струйной завесе, разделяющей области с различным давлением, Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4 (3). – С. 1062–1064.
13. Савченко Ю. Н., Савченко Г. Ю. Пристеночная кавитация на вертикальной стенке, Прикладна гідромеханіка. –2006. –Т. 8, N 4. –С. 53 – 59
14. Song X., Li G., Yuan J., Tian Z., Shen R., Yuan G., Z. Huang Mechanisms and field test of solution mining by self-resonating cavitating water jets, Petroleum Science.–2010, –V. 7, –Is. 3, – P385–389.
15. Шкапов П. М. Создание пульсирующих потоков жидкости на основе автоколебаний ограниченной искусственной газовой каверны, Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 9. – С. 55–58.
16. Олійник О.Ю., Тараненко. Модель Фур'є-фільтрації вихідних аналогових сигналів частотних датчиків, Технологія приборостроєння.– 2017. –Т.№2.– С.21-24.
17. Nikolsky V., Oliynyk O., Lipeev O., Ved V. Examining a cavitation heat generation and the control method over the efficiency of its operation, Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – Vol.4. N.8(88).– P.22-28.

### References

1. Dul'nev G. N. Teoriya teplo- i massoobmena. - SPb: NIU ITMO, -2012. - 195 s.
2. Kuzma-Kitcha, YU. A. Metody intensifikatsii teploobmena.- M.: Izd-vo MEI.- 2001. - 112 s.
3. Ibragimov U. KH., Shamuratova S. M., Rakhmonov B. A. Intensifikatsiya teploobmena v kanalakh, Molodoy uchenyy. - 2016. - №8. -S. 225-229.
4. Rudolf P. D, Kubina J., Kozák B., Maršálek E., Maršálková F. Pochylý Experimental investigation of hydrodynamic cavitation through orifices of different geometries [Text] / P. Rudolf, // EPJ Web of Conferences.– 2017. Vol.143:02098. doi 10.1051/epjconf/201714302098
5. Shuji Hattori, Takuya Hirose, Kenichi Sugiyama Prediction method for cavitation erosion based on measurement of bubble collapse impact loads, Wear. –2010.– P.507-514.
6. Živný M., Martin M., Unger J., Zima P., Müller M.. Design of experimental setup for investigation of cavitation bubble collapse close to a solid wall [Text] / // EPJ Web of Conferences. –2012. Vol.25:02017 doi10.1051/epjconf/ 20122502017

7. Mardiana A., Riffat S.B. Review on Physical and Performance Parameters of Heat, Recovery Systems for Building Applications. *Renew. a. Sust. Energy Rev.*–2013. Vol. 28. –P.174–190
8. Oliynyk O., Taranenko Yu., Shvachka A., Chorna O. Development of auto-oscillating system of vibration frequency sensors with mechanical resonator , *Eastern-European journal of enterprise technologies.* – 2017. – Vol.85. – P. 56-60. doi.org/10.15587/1729–4061.2017.93335
9. Han Yan, Wen-Ming Zhang, Hui-Ming Jiang, Kai-Ming Hu Pull-In Effect of Suspended Microchannel Resonator Sensor Subjected to Electrostatic Actuation, *Sensors.* – 2017. – Vol. 17(1), – P. 114; doi: 10.3390/s17010114
10. Nikol'skiy V. Ye. Intensifikatsiya teplomassoobmennykh protsessov v apparatakh pogruzhnogo gorenija kolebaniyami kontaktiruyushchikh faz, *ScienceRise.* – 2015. – T. 7. – №. 2 (12).
11. Dul'nev G. N. Teoriya teplo- i massoobmena.– SPb: NIU ITMO, –2012. – 195 s.
12. Prokof'yev V. V. O vznikenovonii avtokolebaniy v struynoy zavese, razdelyayushchey oblasti s razlichnym davleniyem, *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo.* – 2011. – № 4 (3). – S. 1062–1064
13. Savchenko YU. N., Savchenko G. YU. Pristenoch'naya kavitatsiya na vertikal'noy stenke, *Prikladna gidromekhanika.* –2006. –T. 8, N 4. –S. 53 – 59
14. Song X., , Li G., Yuan J., Tian Z., , Shen R., Yuan G., Z. Huang Mechanisms and field test of solution mining by self-resonating cavitating water jets, *Petroleum Science.*–2010, –V. 7, –Is. 3,– P385–389.
15. Shkapov P. M. Sozdaniye pul'siruyushchikh potokov zhidkosti na osnove avtokolebaniy ogranichennoy iskusstvennoy gazovoy kaverny, *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya.* – 2010. – № 9. – S. 55–58.
16. Oliynyk O.YU, Taranenko. Model' Fur'ê–fil'tratsii vikhidnykh analogovikh signaliv chastotnykh datchikov, *Tekhnologiya priborostroyeniya.*– 2017. –T.№2.– S.21-24.
17. Nikolsky V., Oliynyk O., Lipeev O., Ved V. Examining a cavitation heat generation and the control method over theefficiency of its operation, *Eastern-European journal of enterprise technologies.* – 2017. – Vol.4. N.8(88).– P.22-28.

Рецензія/Peer review : 15.1.2018 р.

Надрукована/Printed :7.4.2018 р.

Рецензент :

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОБ'ЄКТА  
ПРИЛАДАМИ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ТЕХНІКИ**

*Розглянуто питання вимірювання температури за допомогою приладів інфрачервоної техніки. В край актуальним питанням являється дистанційне вимірювання дійсного значення температури при невідомій випромінювальній здатності тіла, що досліджується. Проведено аналіз факторів, що впливають на точність вимірювання температури. Представлено дослідження впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності.*

*Ключові слова: температура, коефіцієнт випромінювальної здатності, похибка вимірювання, тепловізійний контроль, інфрачервона техніка.*

**O. LEVINSKIY, M. HOLOFIEIEVA**  
Odessa national polytechnic university, Odessa

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE OBJECT TEMPERATURE INFRARED IMAGING DEVICES**

*Abstract - Non-contacting and speed of temperature control by devices that are detected a radiation in the infrared and light range, high resolution, providing detection of local and temporary differences of temperatures on objects of control, visualization of thermal fields are the main advantages of these devices for thermal control. At the edge of the relevant issue is the remote measurement of the actual temperature values for the unknown emissivity of the test body. A significant drawback of contactless optical methods of temperature measurement is the lack of data on the emissivity of real materials in the experiment. This is due to the fact that the object's ability to provide infrared radiation may change thanks to depending on the material, properties of the surface area, angle of observation, and in the case of some materials - temperature. The analysis of factors influencing the accuracy of the temperature measurement is carried out. The influence of the observation angle on the coefficient of radiating power is presented. It is particularly important for objects with complex shapes or hard to reach areas. This makes it possible to reduce the methodological error of the contactless method of the temperature measuring.*

*It is established that errors in determining the coefficient of radiating ability significantly affect the accuracy of temperature measurement by using the devices of infrared technology. Using thermal imager and auxiliary equipment it was found that with the measurement error is increased with increase of observation angle and may reach 50 %.*

*The authors conducted a series of experiments confirming the effect of observation angle on accuracy of temperature measurement, and proposed dependencies allowing reducing the value of absolute error of measurement using IR devices to several degrees that in relative form less than 1 %.*

*Keywords: temperature, emissivity, measurement error, thermal control, infrared technology.*

**Вступ**

Як відомо, у базових галузях промисловості України (металургії, хімічній промисловості, промисловості будівельних матеріалів та машинобудуванні) широко використовуються енергоємні високотемпературні процеси: плавка металів, обробка поверхні металевих деталей та інші. Такі технологічні процеси потребують ретельного дотримання рекомендованих температурних режимів, оскільки регулювання температурного режиму – найбільш важливий і універсальний засіб збільшення швидкості процесу і підвищення виходу готового продукту. Більшість високотемпературних процесів протікають при температурах більше 900 °С [1]. Проте є такі процеси, які протікають при значно нижчих температурах (250 ... 500 °С), але їх відносять до високотемпературних, оскільки температура являється головним фактором інтенсифікації цих процесів для одержання максимального виходу готового продукту з високими техніко-економічними показниками. Тому існує постійний попит на пристрої та методики для безконтактного вимірювання як високих так і відносно низьких температур.

Безконтактність і швидкодія контролю температури приладами, що реєструють випромінювання в інфрачервоному і світловому діапазонах, висока роздільна здатність, що забезпечує виявлення локальних і тимчасових різниць температур на об'єктах контролю, можливості візуалізації теплових полів, є основними перевагами цих приладів в тепловому контролі [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Сфера застосування приладів інфрачервоної техніки безперервно розширюється, тому є необхідність підвищувати вимоги до більш точного вимірювання температури. Точне визначення фізичної температури об'єкта по його тепловому ІЧ випромінюванню залежить від багатьох факторів., головним чином недостатньою кількістю інформації коефіцієнту випромінювання поверхні досліджуваного об'єкта.

Вимірювання дійсного значення температури при невідомій випромінювальній здатності являється актуальним, оскільки проводяться вже не одне десятиліття, і не дивлячись на деякий прогрес і успіх в даному напрямлені, задачі, при яких використовується обмежений об'єм інформації про коефіцієнт випромінювальної здатності, залишаються не вирішеними. В даному напрямлені активні роботи та дослідження ведуться як на Україні, так і за кордоном

Зокрема, в роботах [1–3] відзначено проблеми та фактори, що виникають при дистанційному

визначенні температури. Показано, що коефіцієнти випромінювання нагрітих тіл залежать від геометричної форми та орієнтації випромінювальної поверхні, її хімічний склад, фізичний стан, наявність забруднень на поверхні і т. д. При цьому важливо знати фізичний та хімічний стан поверхні в умовах проведення вимірювання, оскільки стан і властивості поверхні змінюється зі зміною температури, що, як правило, супроводжується зміною випромінювальної здатності.

Залежність коефіцієнта випромінювання об'єкта від його температури, що властива деяким речовинам, призводить до того, що повна потужність теплового випромінювання об'єкта залежить від його температури складним чином, що ускладнює безконтактні вимірювання. Певні труднощі викликає різноманіття в ІЧ діапазоні випромінювальних властивостей речовин, що різко відрізняються властивостями один від одного: гази і метали, кераміка і пластика, пил і композиційні матеріали.

В [4, 5] представлені в інфрачервоному діапазоні залежності випромінювальних здатностей ряду речовин від температури та довжини хвилі. Показано, що коефіцієнт випромінювальної здатності більшості металів (діелектриків) збільшується (зменшується) при нагріванні.

Схожі обставини відмічено в роботах [6-8], які відображають основні тенденції сучасної термометрії за випромінюванням і робиться висновок про велику кількість способів визначення коефіцієнту випромінювання або безпосередньо, вимірюючи випромінювання тіла в порівнянні з випромінюванням чорного тіла при однаковій температурі, або опосередковано, вимірюючи коефіцієнти відображення цих тіл. У всіх випадках необхідно враховувати паразитні фактори.

Альтернативний варіант вирішення проблеми представлено в [9], де пропонується вимірювання температури з використанням оптичних приладів та контактних термометрів. Змінюючи значення випромінювальної здатності, добиваються рівності показань між тепловізором та термопарою.

Слід зауважити, що в роботах відмічається велика кількість способів визначення коефіцієнту випромінювальної здатності та які фактори впливають на це, проте в жодній не представлено дослідження впливу кута спостереження на випромінювальну здатність, що сприймається приладами ІЧ-техніки.

Таким чином, результати проведеного аналізу дають змогу зробити висновок, що можливість підвищення точності вимірювання температури шляхом визначення впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності, що сприймається приладами ІЧ-техніки являється найменш досліджуваним фактором. Тому виникає необхідність в більш детальному його розгляді.

### **Об'єкт, мета та задачі дослідження**

*Об'єктом даного дослідження* являється тепловий контроль приладами інфрачервоної техніки.

*Метою роботи* являється зниження методичної похибки безконтактного методу вимірювання температури на основі дослідженні впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності.

Для поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити особливості вимірювання температури за випромінюванням.
2. Проаналізувати проблеми, що зв'язані з випромінювальною здатністю матеріалів.
3. Провести експериментальні дослідження, що підтверджують вплив кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності.

### **Виклад основного матеріалу**

Безконтактний метод вимірювання температури знаходить все більш широке застосування у всіх галузях промисловості, проте до теперішнього часу носить допоміжний характер. Безконтактний тепловий метод являється одним із напрямків методу неруйнівного контролю і оснований на вимірюванні температури поверхні об'єкта за допомогою приладів інфрачервоної техніки.

Даний метод широко розповсюджений в зв'язку з рядом переваг перед традиційними методами. По-перше, це висока швидкість, що визначається типом приймача випромінювання, по-друге, можливість контролю об'єкта без застосування контактних методів вимірювання, по-третє, можливість документування та формування інформаційного звіту, по-четверте, використання в автоматичних системах управління в якості ланки зворотного зв'язку.

Суттєвим недоліком безконтактних оптичних методів вимірювання температури є відсутність даних стосовно випромінювальної здатності реальних матеріалів в умовах експерименту [10]. Це пов'язано з тим, що здатність об'єкта виділяти інфрачервоне випромінювання може змінюватися, оскільки, залежить від матеріалу, властивостей поверхні, напрямку спостереження, а також у випадку з деякими матеріалами – від температури.

Для виявлення особливостей зміни коефіцієнту випромінювання з точки зору теплового контролю проводився технологічний аудит, метою якого було визначення впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності, що в свою чергу призводить до неточного вимірювання температури.

Дослідження проводилось на базі тепловізора Fluke Ti9 з використанням допоміжного обладнання – штатив, угломір, персональний комп'ютер.

Схема процесу вимірювання представлена на рис. 1.

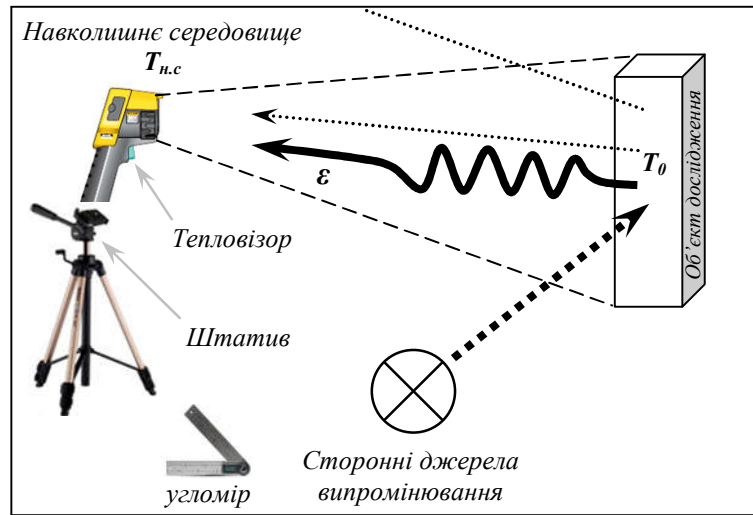


Рис. 1. Схема процесу вимірювання температури з відомим кутом спостереження

Основним направленням даної схеми являється розрахунок температури з урахуванням впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності. Це дозволить в практичних умовах підвищити точність визначення температури досліджуваного об'єкту.

Залежність від кута спостереження має різний вид для металів та діелектриків. Якщо для діелектриків в області нормалі до поверхні вона приблизно підкоряється закону Ламберта і має найбільше значення при вимірюванні по нормалі, то вимірювання температури поверхні більшості металів найбільш ефективно проводити під кутом  $20 \div 30^\circ$ , де коефіцієнт випромінювання максимальний. За межами даних значень, коефіцієнт випромінювання швидко зменшується до нуля при направленні спостереження по дотичній [8].

В наслідок залежності коефіцієнту випромінювання від кута спостереження, ефективний коефіцієнт неплоских поверхонь різний в різних точках, хоча матеріал один і той же, коефіцієнт якого по нормалі – величина постійна.

Фактичне значення коефіцієнту випромінювальної здатності може бути розраховано за формулою:

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \frac{\varepsilon_{\text{вим}}}{K_{\text{кут}}}, \quad (1)$$

де  $\varepsilon_{\text{факт}}$  – фактичне значення коефіцієнту випромінювальної здатності;  
 $\varepsilon_{\text{вим}}$  – вимірюване значення коефіцієнту випромінювальної здатності;  
 $K_{\text{кут}}$  – коефіцієнт впливу кута спостереження.

#### Результати досліджень

При проведенні експерименту були отримані залежності коефіцієнту  $K_{\text{кут}}$  від кута спостереження. Для металів така залежність має вигляд:

$$K_{\text{кут}} = \begin{cases} 0.0164\varphi^2 - 0.1067\varphi + 1.1464, & 0 \leq \varphi \leq 85, \\ -2,53\varphi + 5.06, & 85 \leq \varphi \leq 90, \end{cases} \quad (2)$$

де  $\varphi$  – кут спостереження.

Для діелектриків залежність  $K_{\text{кут}}$  від кута спостереження найбільш точно описується формулою:

$$K_{\text{кут}} = -0,0014 \cdot \varphi^3 + 0,022 \cdot \varphi^2 - 0,1 \cdot \varphi + 1,1. \quad (3)$$

За допомогою приладів інфрачервоної техніки досліджено вплив кута спостереження на точність вимірювання температури деталі зі сталі (рис. 2) та композиційного матеріалу (рис. 3).



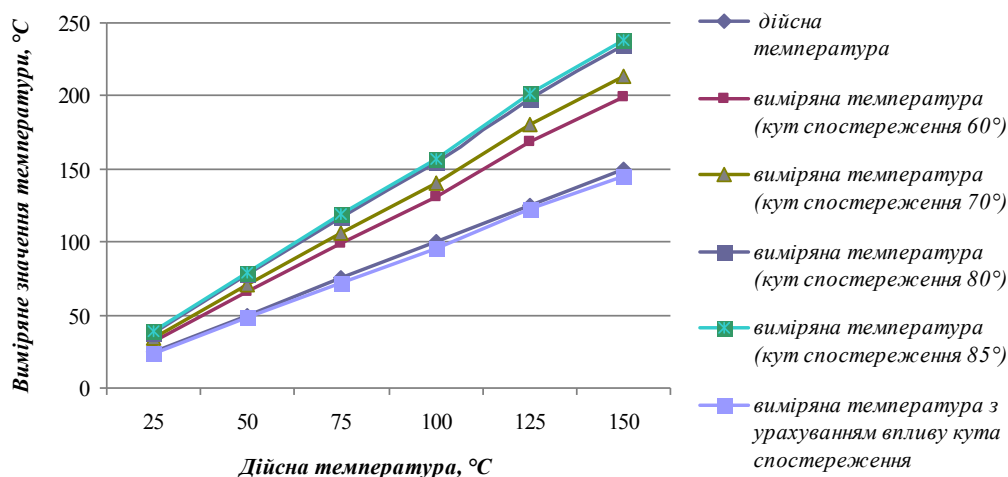


Рис. 2. Вплив кута спостереження на точність вимірювання температури сталі

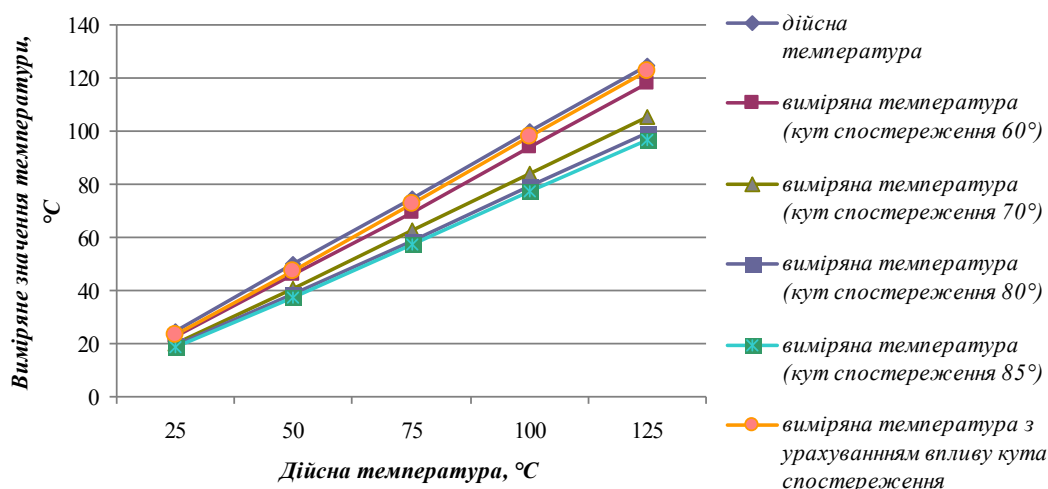


Рис. 3. Вплив кута спостереження на точність вимірювання температури композиційного полімеру

Визначення температури проводилося безпосередньо на реальному об'єкті, формуючи вибірку даних:

- дійсної температури, вимірної контактним термометром;
- температури, що вимірювалася за допомогою тепловізора під різними кутами спостереження;
- визначення температури з урахуванням кута спостереження.

Аналіз отриманих результатів впливу кута спостереження на точність вимірювання температури, що представлені в виді графіків, дають змогу зробити висновок, що зі збільшенням кута спостереження похибка вимірювання збільшується. Відносна похибка вимірювання температури деталі зі сталі при куті спостереження  $85^\circ$  складає 57 %, а для деталі з композиційного матеріалу – 22 %. Таким чином, можна вважати, що таке істотне значення похибки робить вимірювання безглуздими. У той же час, вплив кута спостереження на точність вимірювання дає можливість звести значення абсолютної похибки вимірювання температури за допомогою приладів інфрачервоної техніки до декількох градусів, що у відносній формі не перевищує 1 %.

### Висновки

1. Досліджено, що вимірювання температури за випромінюванням являється одним із основних напрямлень розвитку вискоєфективної системи діагностики, яка забезпечує можливість контролю теплового стану об'єкта, виявлення дефектів на ранній стадії їх розвитку, а також мінімізація затрат на технічне обслуговування.

2. Виявлено, що одним із істотних факторів, що впливають на точність вимірювання температури, являється зміна коефіцієнту випромінювання об'єкта, що має істотну кривизну поверхні та неможливість його визначення в важкодоступних місцях. В загальному випадку коефіцієнт випромінювання залежить від виду матеріалу, довжини хвилі, температури, стану поверхні та кута спостереження поверхні об'єкта. Значення коефіцієнта випромінювання в основному приведені в таблицях або представлені в виді графіків, і мають досить значну різницю, що не дає змогу проводити точні вимірювання температури об'єкта.

3. Встановлено, що помилки у встановленні коефіцієнта випромінювальної здатності істотно впливають на точність вимірювання температури за допомогою приладів інфрачервоної техніки. Проведені

дослідження впливу кута спостереження на точність вимірювання температури виробу зі сталі і композиційного полімеру показують, що при зміні кута спостереження, похибки вимірювання температури тепловізором можуть перевищувати 50 %, що робить вимірювання безглуздими. Запропоновано залежності, що дозволяють звести значення абсолютної похибки вимірювання температури за допомогою приладів інфрачервоної техніки до декількох градусів, що у відносній формі не перевищує 1 %.

4. Результати дослідження дозволяють підвищити точність вимірювання температури шляхом урахування впливу кута спостереження на коефіцієнт випромінювальної здатності об'єкта, нормалізувати зображення термограм для різних ділянок об'єкта, а також, виділення можливих дефектних зон на термограмі для визначення рівномірності розподілу теплового поля.

### Література

1. Свет, Д. Я. Объективные методы высокотемпературной пирометрии при непрерывном спектре измерения [Текст] / Д. Я. Свет. – М. : Наука, 1968. – 236 с.
2. Оборський, Г. О. Вимірювання неелектричних величин [Текст]: підручник / Г. О. Оборський, П. Т. Слободяник. – К. : Наука і техніка, 2005. – 200 с.
3. Брамсон, М. А. Инфракрасное излучение нагретых тел [Текст]. Т. 1. / М. А. Брамсон. – М. : Наука, 1965. – 224 с.
4. Valancius, K. Transient heat conduction process in the multilayer wall under the influence of solar radiation [Text]: Proceedings / K. Valancius, A. Skriniska // Improving human potential program. – Almeria, Spain: PSA, 2002. – P. 179–185.
5. Minkina, W. Pomiarzy termowizyjne-przyrzdy i metody [Text] / W. Minkina. – Czestochova: Wyd-wa Politechniki Czestochowskiej, 2004. – 243 p.
6. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль [Текст] / В. П. Вавилов. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
7. Гордов, А. Н. Основы пирометрии [Текст] / А. Н. Гордов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Metallurgiya, 1971. – 448 с.
8. Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение [Текст] : пер. с франц. / Ж. Госсорг. – М. : Мир, 1988. – 416 с.
9. Fam, S. S. Ultrasonics thermometry [Text] / S. S. Fam, L. C. Lynnworth, E. H. Carnevale // Instrument and Control System. – 1969. – Vol. 42, № 10. – P. 107–110.
10. Оборський, Г. О. Дослідження впливу випромінювальної здатності матеріалів на точність тепловізійного методу контролю [Текст] / Г. О. Оборський, О. С. Левинський, М. О. Голофеева // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – №2/3(28). – С. 4–7.

### Reference

1. Svet, D. YA. Ob'yektivnyye metody vysokotemperaturnoy pirometrii pri nepreryvnom spektre izmereniya [Tekst] / D. YA. Svet. – M. : Nauka, 1968. – 236 s.
2. Obors'kiy, G. O. Vimiryuvannya neyelektrichnikh velichin [Tekst]: pidruchnik / G. O. Obors'kiy, P. T. Slobodyanik. – K. : Nauka i tekhnika, 2005. – 200 s.
3. Bramson, M. A. Infrakrasnoye izlucheniye nagretykh tel [Tekst]. T. 1. / M. A. Bramson. – M. : Nauka, 1965. – 224 s.
4. Valancius, K. Transient heat conduction process in the multilayer wall under the influence of solar radiation [Text]: Proceedings / K. Valancius, A. Skriniska // Improving human potential program. – Almeria, Spain: PSA, 2002. – P. 179–185.
5. Minkina, W. Pomiarzy termowizyjne-przyrzdy i metody [Text] / W. Minkina. – Czestochova: Wyd-wa Politechniki Czestochowskiej, 2004. – 243 p.
6. Vavilov, V. P. Infrakrasnaya termografiya i teplovoy kontrol' [Tekst] / V. P. Vavilov. – M. : ID Spektr, 2009. – 544 s.
7. Gordov, A. N. Osnovy pirometrii [Tekst] / A. N. Gordov. – 2-ye izd., dop. i pererab. – M. : Metallurgiya, 1971. – 448 s.
8. Gossorg, ZH. Infrakrasnaya termografiya. Osnovy, tekhnika, primeneniye [Tekst] : per. s frants. / ZH. Gossorg. – M. : Mir, 1988. – 416 s.
9. Fam, S. S. Ultrasonics thermometry [Text] / S. S. Fam, L. C. Lynnworth, E. H. Carnevale // Instrument and Control System. – 1969. – Vol. 42, № 10. – P. 107–110.
10. Obors'kyu, H. O. Doslidzhennya vplyvu vyprominyval'noyi zdatsnosti materialiv na tochnist' teplovizyynoho metodu kontrolyu [Tekst] / H. O. Obors'kyu, O. S. Levyns'kyu, M. O. Holofeyeva // Tekhnolohycheskyu audyt y rezervy proyzvodstva. – 2016. – №2/3(28). – S. 4–7.

Рецензія/Peer review : 8.1.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

УДК 621.314.87

І.В.ТРОЦИШИН

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ АЦП ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ ТА АЦП ПОСЛІДОВНОГО НАБЛИЖЕННЯ НА ПРИНЦИПАХ МЕТОДУ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Фундаментальне дослідження направлене на вирішення принципового обмеження вимірювальних перетворень, таких важливих і основних параметрів радіосигналів якими є амплітуда і частота та фазовий зсув, суть якого в рамках класичних визначень та постулатів говорить, «що одночасно підвищувати і точність (роздільну здатність) і швидкодю покращувати неможливо».

Таким чином настав час шляхом об'єднання теорій Фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів (ФЧВ і ПР) та Квантової теорії вимірювального перетворення (КТВП) розробити принципи та методологію проектування вимірювальних перетворювачів із програмованими та адаптованими параметрами для ЦАП і АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які є основним видом інформаційних сигналів сучасної інформаційно-вимірювальної техніки та систем, для яких параметр точність швидкодія є визначальним. Проект направлено на розроблення фундаментальних принципів та методології проектування мікросхем вимірювальних перетворювачів (ЦАП, АЦП, DDS, тощо) принципово нової генерації із можливостями програмування та адаптування їх характеристик вимірювального перетворення (Квантової шкали вимірювального перетворення) під конкретні умови використання – створення програмованих аналогово-цифрових і цифро-аналогових мікросхем.

Метою є розробка та освоєння виробництва нових вимірювальних АЦП для амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які мають кращі (в рази) тактико-технічні характеристики, у порівнянні із найкращими АЦП із відомих на сьогодні.

Розв'язання принципової проблеми вимірювального АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, за комплексним параметром: роздільна здатність, швидкодія, технологічність, який в рамках класичних уявлень і стандартів є величиною постійною, і сучасні погляди та принципи не дозволяють їх одночасно покращувати, хоча це елементарно робиться в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення із використання повної дробово-раціональної шкали та методів коінцидентності.

Ключові слова: Паралельний АЦП, послідовного наближення АЦП, Квантова терія вимірювального перетворення, покращення роздільної здатності.

UDC 621.314.87

I.V. TROTSYSHYN

Odessa National Academy of Telecommunications O.S. Popov

## STUDYING THE MODEL OF ADAPTER OF PARALLEL TYPE AND ADC OF THE SUCCESSFUL APPROACH ON THE PRINCIPLES OF THE COINCIDENCE METHOD

The fundamental research is aimed at solving the principle limitation of measuring transformations, such important and basic parameters of radio signals as amplitude and frequency and phase shift, the essence of which, in the classical definitions and postulates says, "at the same time to increase and accuracy (resolution) and speed can not be improved".

Thus, the time has come to combine Phase Frequency and Radio Frequency Transformation Theories and the Quantum Theory of Measuring Transformation (KTVP) to develop principles and methodology for designing measuring converters with programmable and adapted parameters for DAC and ADC amplitude and phase-frequency parameters of radio signals is the main kind of information signals of modern information measuring equipment and systems, for which the parameter of accuracy of speed is decisive. The project is aimed at developing the fundamental principles and methodology of designing microcontrollers of measuring transducers (DAC, ADC, DDS, etc.) of a fundamentally new generation with programming capabilities and adaptation of their characteristics of measuring transformation (quantum scale of measurement conversion) under specific conditions of use - creation of programmable analog-digital and digital-to-analog microcircuits.

The aim is to develop and master the production of new measuring ADCs for amplitude and phase-frequency parameters of radio signals that have the best (at times) tactical and technical characteristics, compared with the best ADCs known today.

The solution of the fundamental problem of the measuring ADC of the amplitude and phase-frequency parameters of the radio signals, according to the complex parameter: resolution, speed, technology, which in the framework of classical representations and standards is a constant value, and modern views and principles do not allow them to simultaneously improve, although this is elementary. in the framework of the Quantum Theory of Measuring Transformation using a complete fractional-rational scale and methods of coincidence.

Keywords: parallel ADC, sequential ADC approximation, quantum theory of measurement transformation, resolution improvement.

### Проблематика дослідження:

**об'єкт дослідження;** – процеси та процедури здійснення аналого-цифрового та цифро-аналогового вимірювальних перетворень аналогових та фазочастотних параметрів радіосигналів;

**предмет дослідження;** - методи та засоби ЦАП і АЦП амплітудних та фазочастотних вимірювальних перетворень радіосигналів;

**фундаментальна проблема, на вирішення якої спрямовано проект;** - це одночасне підвищення і точності (роздільної здатності) і швидкодії вимірювальних ЦАП і АЦП, і розробка принципів та методології побудови програмованих мікросхем, параметри яких буде можливим програмувати та адаптувати під конкретні завдання вимірювальних перетворень.

**актуальність та значимість проекту для отримання нових знань, підтвердження гіпотез, теорій, подальшого використання на практиці.** На сьогодні не існує жодних мікросхем ЦАП і АЦП із програмованими та адаптованими параметрами, що викликало появу величезної номенклатури випуску (тисячі), які потрібно підбирати кожен раз, і встановивши їх, поміняти та адаптувати їх характеристики перетворення неможливо. В той же час адаптивні методи оброблення сигналів, та програмовані ІВС є нагальною потребою сьогодення і відсутність виробів, еквівалентних ПЛІС для цифрової схемотехніки, стримує розвиток вимірювальної техніки та впровадженні принципово нових цифрових технологій.

Фундаментальним тут стало використання принципів вимірювання які базуються на методі коінциденції. Аналогічні результати покращення роздільної здатності ЦАП і АЦП в 10- 100 разів отримано в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення шляхом використання Атенюатора – подільника Троцишина та його модифікацій, замість класичного подільника Кельвіна [ 1-5]. Основним принциповим елементом виступає використання квантової вимірювальної шкали яка містить всі можливі (квантові точки шкали), тоді як класичні підходи та моделі використовують лише незначну їх частину, наприклад для 8-ми резисторного подільника Кельвіна кількість точок = 8, а для перетворювачів на основі атенюатора-подільника Троцишина їх кількість для 8 –ми резисторного ланцюжка може скласти (в залежності від типу перетворювача): 22 - (коінциденції), 166 - (подвійної коінциденції), 169 - (сумарно-різницевої), 247 - (комбінований).

Метою є розробка та освоєння виробництва нових вимірювальних АЦП для амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які мають кращі (в рази) тактико-технічні характеристики, у порівнянні із найкращими АЦП із відомих на сьогодні.

Розв'язання принципової проблеми вимірювального АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, за комплексним параметром: роздільна здатність, швидкодія, технологічність, який в рамках класичних уявлень і стандартів є величиною постійною, і сучасні погляди та принципи не дозволяють їх одночасно покращувати, хоча це елементарно робиться в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення із використання повної дробово-раціональної шкали та методів коінциденції.

- **завдання, на вирішення яких спрямовано проект.**

Розробити методики проектування програмованих ЦАП та АЦП амплітудних параметрів.;

Розробити методики проектування вимірювальних перетворювачів фазочастотних параметрів радіосигналів;

Розробити реальний продукт універсального програмного забезпечення для програмування та адаптації КШВП нового типу програмованих аналого-цифрових та цифро-аналогових мікросхем.

- **Аналіз результатів, отриманих вітчизняними та іноземними вченими із цієї проблеми.**

Проблема одночасного вимірювання та швидкої у світі базується на класичному постулаті, який стверджує що одночасно такі дії здійснити неможливо, тому для їх покращення (кожен окремо) використовують технологічні можливості мікроелектроніки, такі як підвищення робочих частот елементної бази, зменшення топологічного розміру елементів, тощо, так званий екстенсивний шлях, який вже дійшов до межі засобів мікроелектроніки субмікронного діапазону.

Тому питання подальшого збільшення вказаних параметрів потребує величезних фінансових затрат і впровадження новітніх технологій наноелектроніки, які ще знаходяться у зародковому стані, і в кращому разі дадуть покращення ще на порядок, так як перехід у субатомні розміри є недосяжним.

- **напрацювання авторів проекту в даному напрямі.**

Нами теоретично встановлено і практично доведено, на натурних зразках макетів приладів, що шляхом використання принципів коінциденції вдалося досягти одночасного покращення і точності та швидкодії вимірювання частоти ( в 100-1000разів), амплітудних параметрів (в 10-100 разів), без істотного ускладнення та навіть спрощення вимірювальних схем (технологічність).

**Методи, підходи, ідеї, робочі гіпотези, які пропонуються для вирішення завдань проекту**

Питання точності та швидкодії вимірювань є основним питання теорії вимірювань та теорії інформації, а з технічної чи технологічної точок означає: той, хто в повній мірі досяг вказаного покращення, є лідером у науково-технічному прогресі та економічній (військовій) могутності країни. Адже очевидним є той факт, що у класичних методах вимірювань однозначно відзначено: що добуток вказаних параметрів є величиною постійною, звідки на практиці маємо: або збільшення точності вимірювань при збільшенні часу вимірювань (зменшення швидкодії); або ж, навпаки: швидкі вимірювання виконуються із значними похибками. Основним рушійним елементом тут може виступати фундаментальне твердження про те, що у ПРИРОДІ жодних парадоксів не існує, а все це є, “м'яко кажучи”, невдалі спроби пояснити цілком очевидні речі з позицій існуючих “класичних” методів вимірювань.

Доказом, що це саме так, служить створення Квантової теорії вимірювань на прикладі вимірювання фазочастотних параметрів радіосигналів (теорія ФЧВ і ПР), а також КТВП на прикладі ЦАП і АЦП, а

спільним для них обох є використання принципу коінциденції, яка реалізує найпотужнішу із вимірювальних шкал: - шкалу відношень.

В основі методології побудови Квантової теорії вимірювань (КТВ) лежить принцип що значення цифрової шкали вимірювального перетворення визначаються набором всіх можливих (квантованих) значень, які можуть бути реалізовані за даного порівняння багатозначної міри і багатовимірної подільника вхідної величини – так званий метод коінциденції.

Квантовий підхід до вимірювання амплітудних параметрів реалізується шляхом побудови Атенюатора-подільника Троцишина (АПТ), який полягає у використанні кодокерованої комутації точок проміжних з'єднань лінійки N послідовно з'єднаних резисторів однакового номіналу, в якій на верхній (крайній вивід лінійки резисторів) подається вхідна напруга, а нижній (крайній вивід лінійки резисторів) підключено до спільного виводу атенюатора-подільника (подільника Кельвіна).

КТВП передбачає наявність значно більшої кількості квантових точок шкали перетворення (при одному і тому ж динамічному діапазоні) ніж класична. Зміст та основні наукові і практичні результати макетів монографії, неодноразово доповідались на міжнародних конференціях, отримано ряд як позитивних так критичних зауважень, які стосуються питань методології самого підходу. Так що лише повний перехід на визначення і принципи Квантового підходу до утворення шкали вимірювального перетворення, а ні в якому разі, не спиранні на двійкову систему класичних методів перетворення, дозволяє зрозуміти, яким чином і звідки з'являються додаткові квантовані значення в межах точок двійкових шкал (коінциденції), причому, для більш високого порядку, це є обов'язковою умовою. Питання відображення результатів у двійкових кодах може стояти лише після отримання всіх (або запрограмованих) значень Повної шкали вимірювального перетворення.

### Дослідження моделі АЦП паралельного типу

Для підтвердження отриманих теоретичних результатів в розділах 2-3, було проведено моделювання АЦП паралельної дії для випадку 8 розрядної матриці резисторів та використання методу коінциденції в системі PROTEUS.

На рис. 1- 30 наведено результати моделювання та короткй

ОПИС

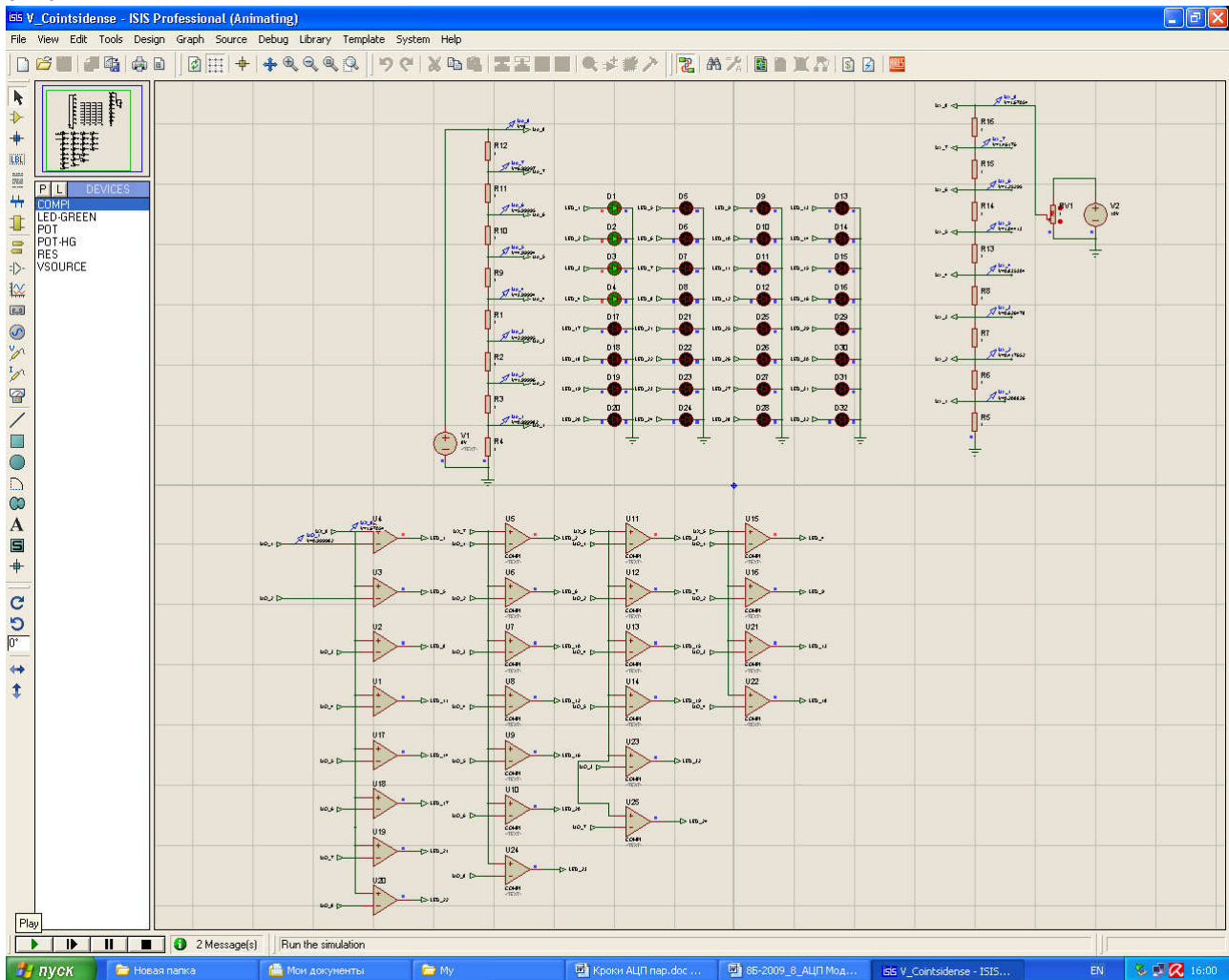
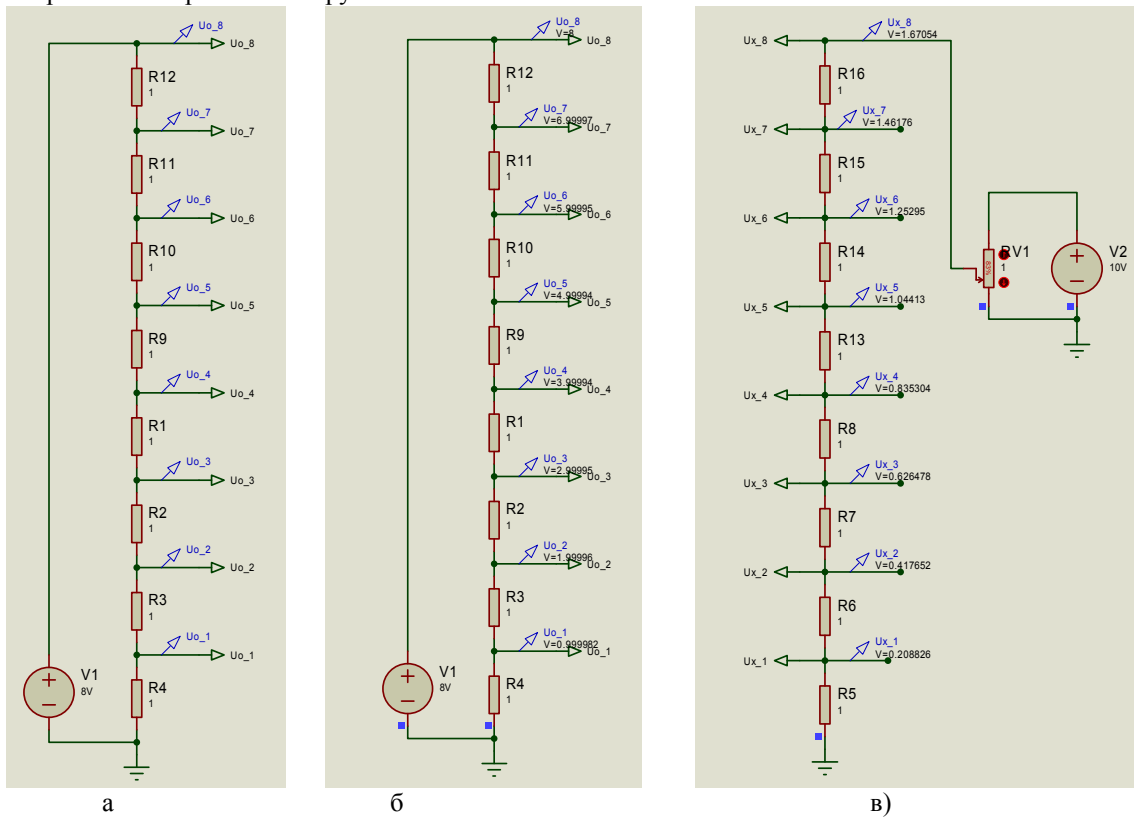


Рис. 1 – Схема електронного моделювання АЦП\_8R для дослідження особливостей роботи паралельного порівняння за методом коінциденції

Для пояснення принципу організації окремих вузлів покажемо більш детально кожен із вузлових елементів системи моделювання АЦП паралельної дії для випадку 8 розрядних резисторних подільників опорної на вимірюваної напруг.



а – загальний вигляд; б – в режимі симуляції рівнів напруг, в - аркуш 2

Рис.2 – Принципова схема подільника опорного каналу АЦП\_8R

Джерела опорних напруг для зняття характеристики перетворення були вибрано відповідно 10 В – опорне ( для забезпечення зручності відліку), та вхідної напруги 12 В – для забезпечення надійного спрацювання у діапазоні близькому та більше за 1,000.

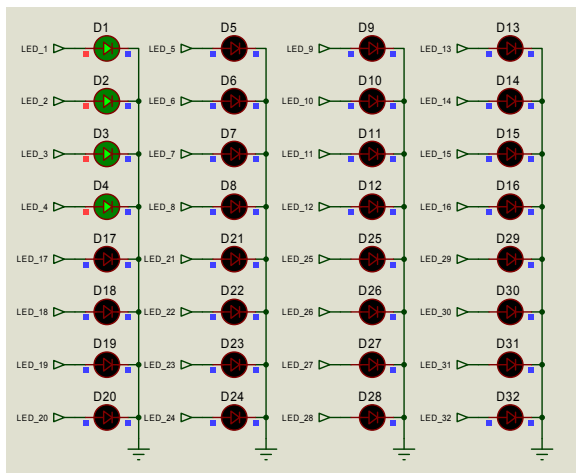


Рис. 3 – Схема матриці світлодіодів шкали АЦП\_8R

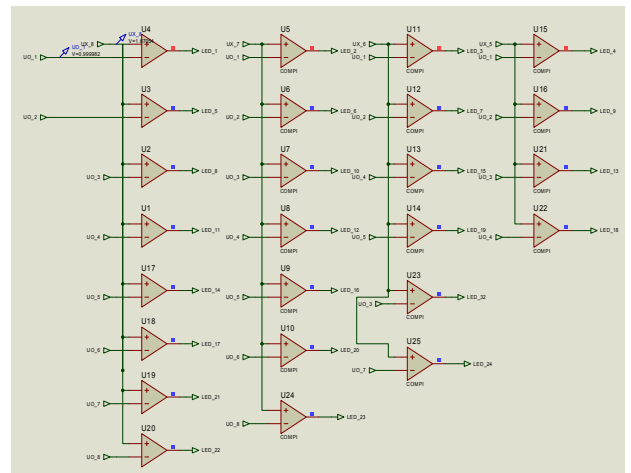


Рис. 4 – Принципова схема поля компараторів АЦП\_8R



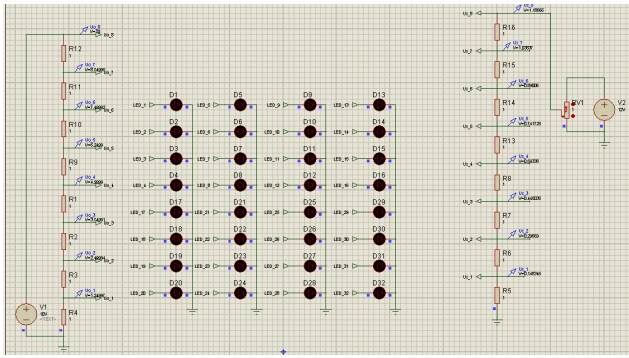


Рис. 5 - АЦП 8R у нульовій точці перетворення

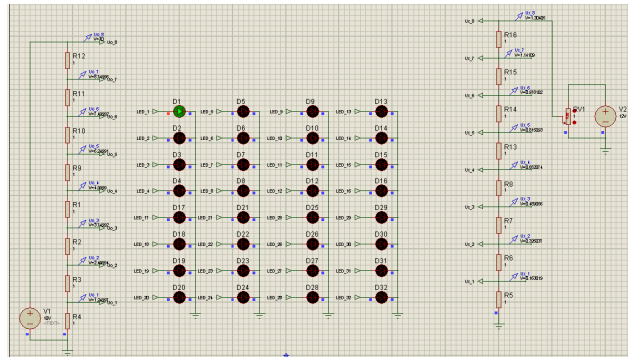


Рис. 6 - АЦП 8R у першій точці перетворення

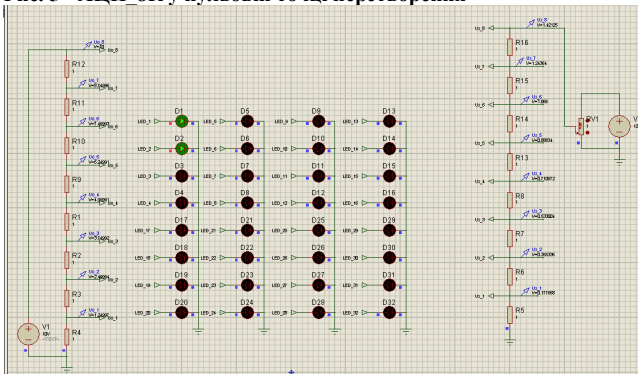


Рис.7 - АЦП 8R у другій точці перетворення

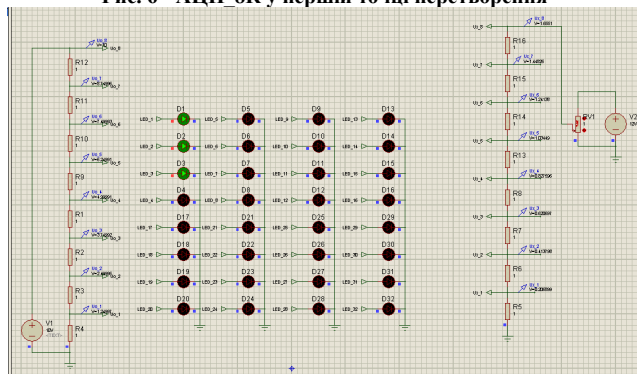


Рис. 8 - АЦП 8R у третій точці перетворення

В подальшому наведемо лише покази шкали та рвні вхідної напруги, та прослідкуємо динаміку роботи АЦП в діапазоні до 1,000 ібільше.

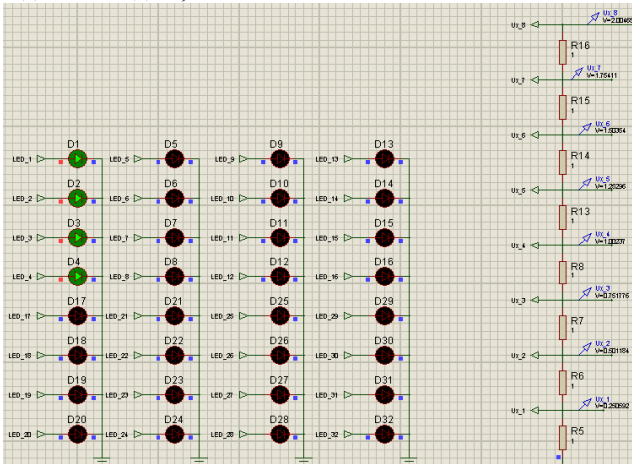


Рис. 9 - АЦП 8R в четвертій точці перетворення

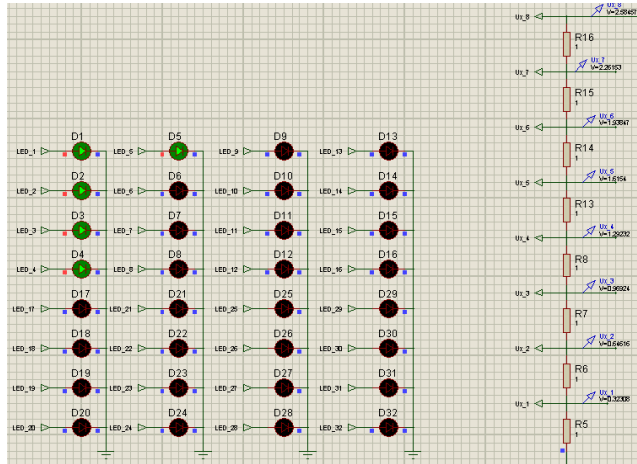


Рис. 10 - АЦП 8R в п'ятій точці перетворення

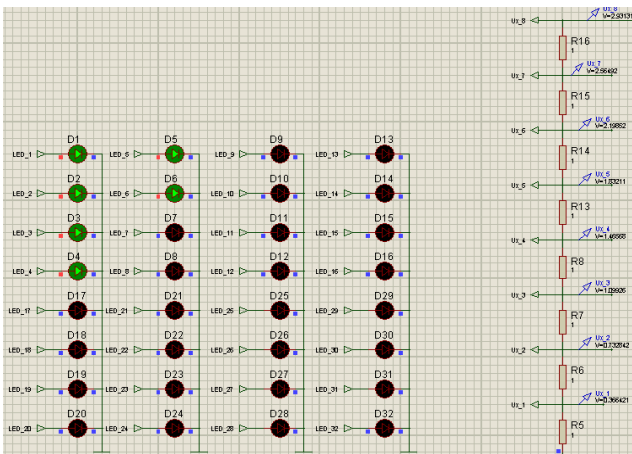


Рис. 11 - АЦП 8R в шостій точці перетворення

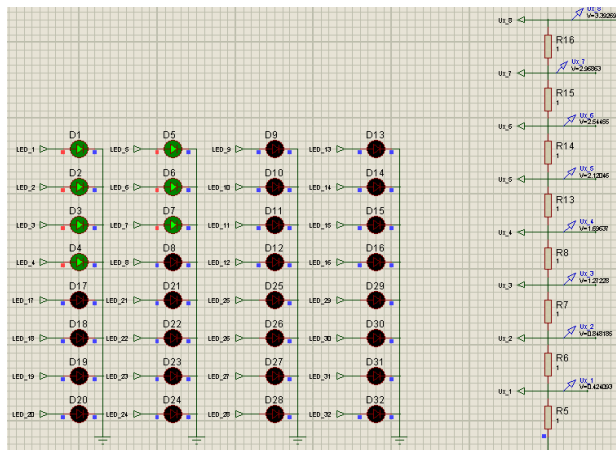


Рис. 12 - АЦП 8R в сьомій точці перетворення



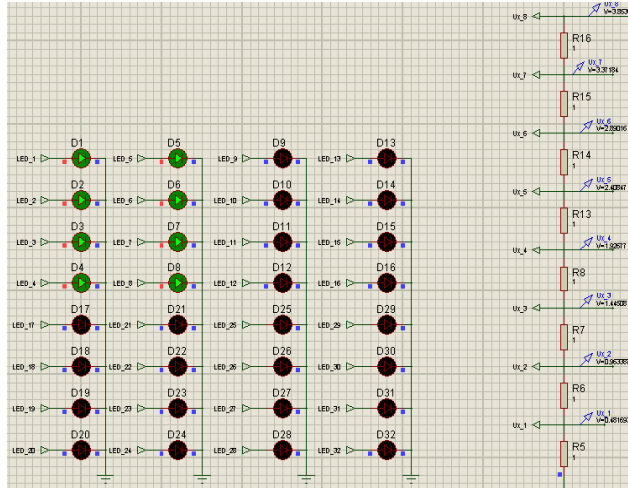


Рис. 13 - АЦП\_8R у восьмій точці перетворення

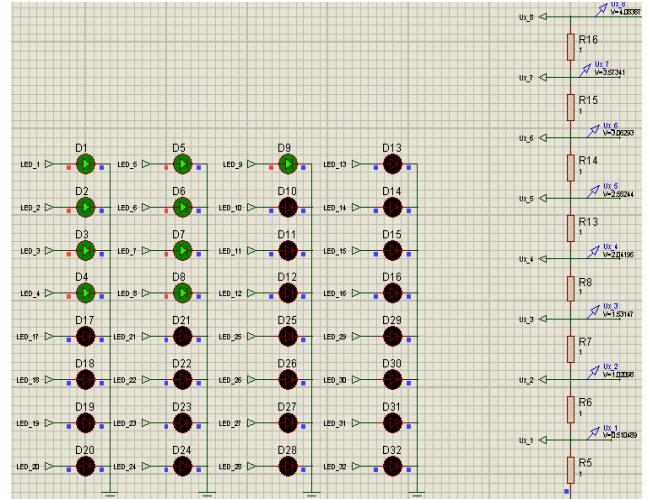


Рис. 14 - АЦП\_8R в дев'ятій точці перетворення

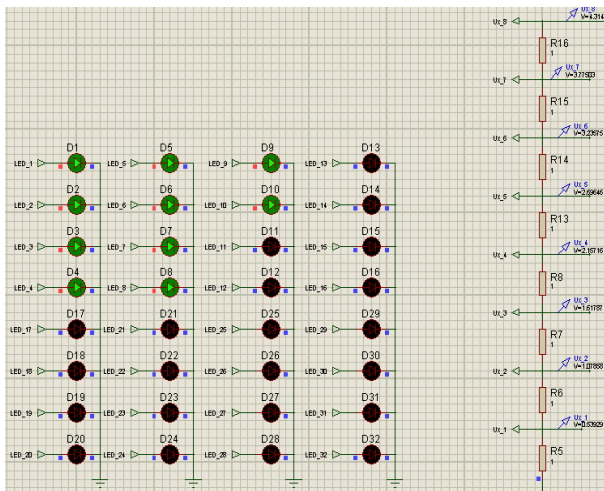


Рис. 15 - АЦП\_8R в десятій точці перетворення

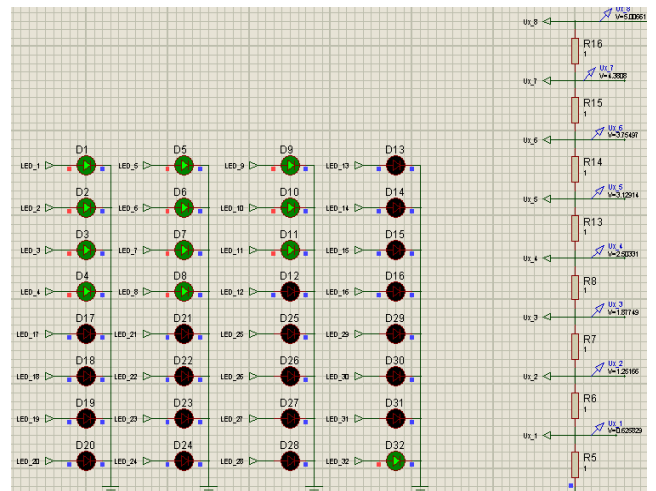


Рис. 16 - АЦП\_8R в одинадцятій точці перетворення

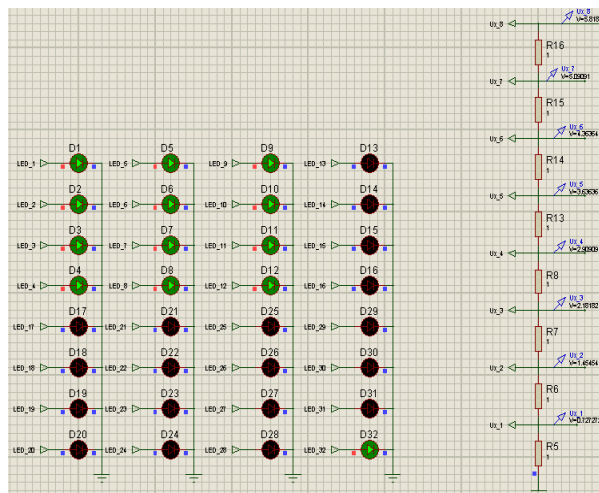


Рис.17 - АЦП\_8R в дванадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

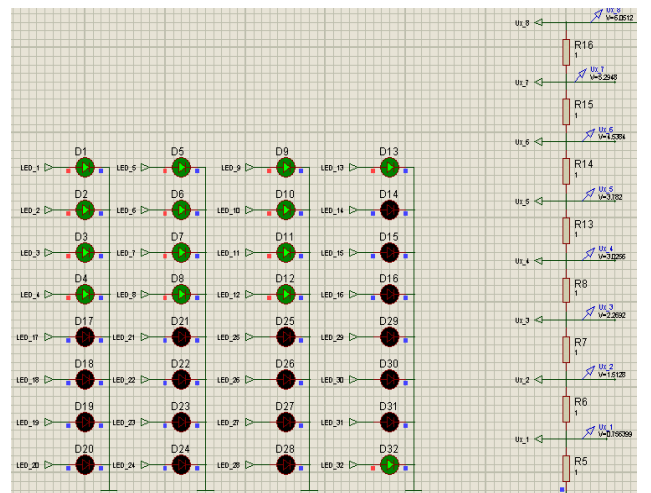


Рис. 18 - АЦП\_8R в тринадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

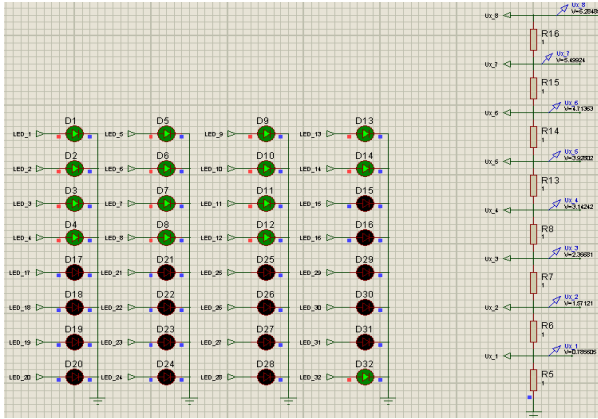


Рис. 19 - АЦП\_8R в 14-ій точці перетворення (32 надлишковість)

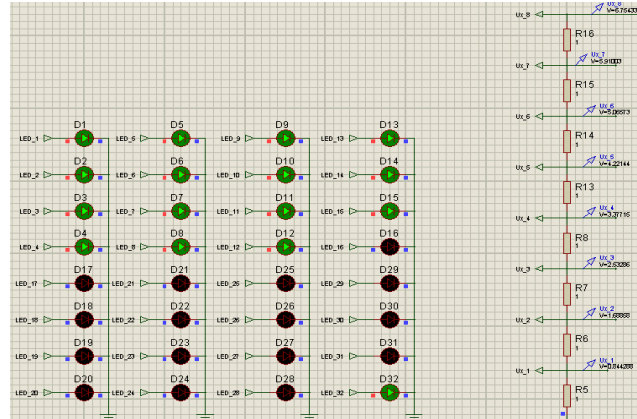


Рис. 20 - АЦП\_8R в п'ятнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

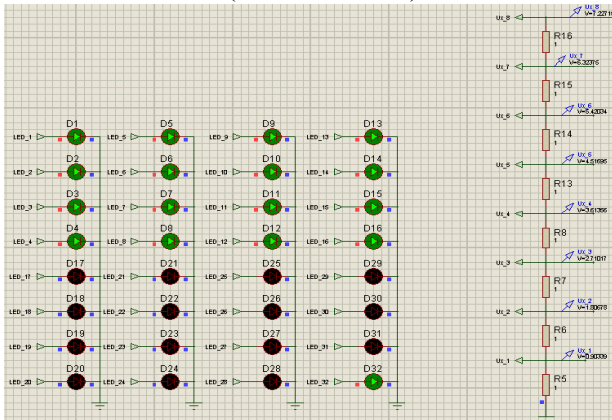


Рис.21 - АЦП\_8R в шістнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

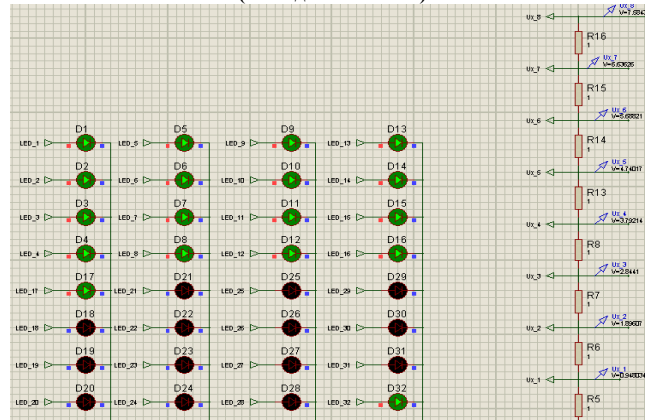


Рис. 22 - АЦП\_8R в сімнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

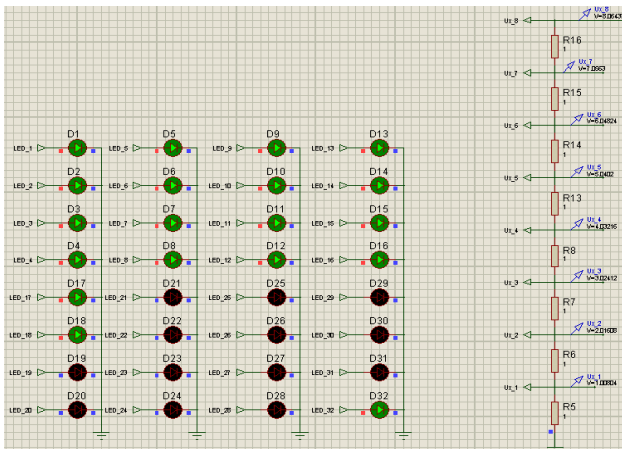


Рис. 23 - АЦП\_8R в вісімнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

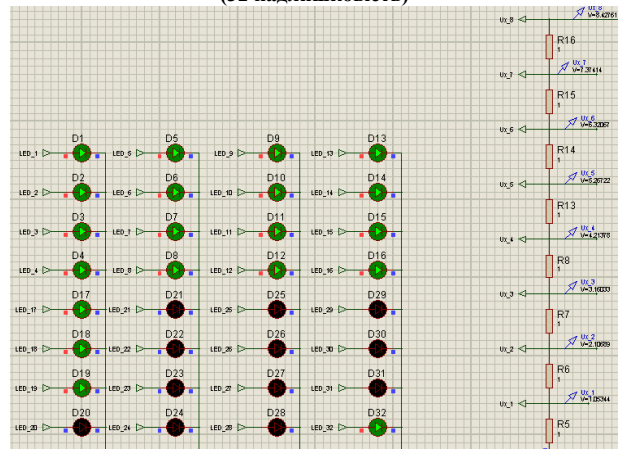


Рис. 24 - АЦП\_8R в 19-тій точці перетворення (32 надлишковість)

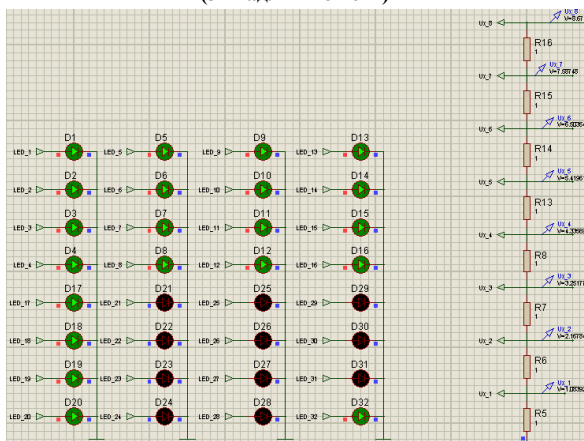


Рис. 25 - АЦП\_8R в двадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

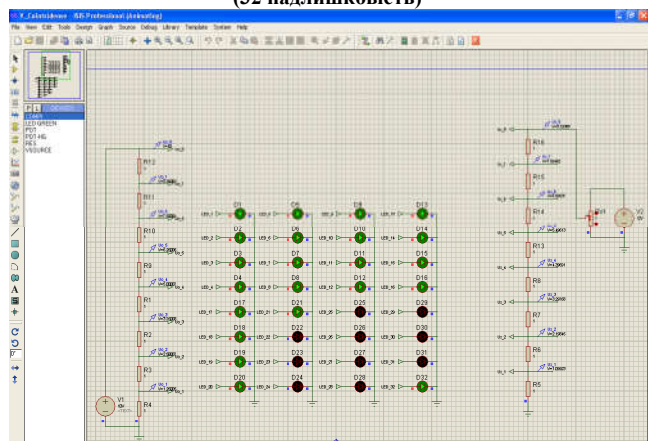


Рис.26 - АЦП\_8R в двадцять першій точці перетворення (32 надлишковість)



Рис. 27 - АЦП\_8R в двадцять другій точці перетворення (32 надлишковість)

Таким чином можна відзначити, що змінюючи вхідний рівень сигналу відносно встановленої опорної напруги компаратори спрацьовують і встановленій послідовності і відтворюють вимірювальну шкалу перетворення яка є шкалою 8-коінциденція, і містить не 8, а 22 квантованих точки вимірювального перетворення. Необхідно відзначити, що потенціометр RV1 здійснює формування вихідної напруги у відсотках (%) від вхідної, тобто формує лінійну шкалу із кроком у 1%, що для нашого випадку рівно 0,12 В, тому цей наявний крок дискретності буде впливати на оцінку роздільної здатності АЦП, але цілком достатній для демонстрації працездатності та забезпечення квантованої вимірювальної шкали перетворення.

Для аналізу практично відзнятої на моделі АЦП згідно отриманих значень (таблиця.1) побудуємо характеристику реального вимірювального перетворення та дослідимо її характеристики.

Таблиця 1 - Квантовані значення характеристики АЦП

№ точки перетворення	Значення вхідної напруги	Шкала 8-коінциденція	Нормовані значення вхідної напруги	Відхилення Шкали АЦП від ідеальної
0	1.186	0.0000000000000000	0,11813	- 0,11813
1	1.304	0.1250000000000000	0,12988	-0,004
2	1.421	0.1428571428571428	0,14153	-0,00488
3	1.655	0.1666666666666667	0,16484	-,00182
4	2.001	0.2000000000000000	0,1993	-0.0007
5	2.584	0.2500000000000000	0,25737	-0,0073
6	2.93	0.2857142857142857	0,29183	-0,0061
7	3.39	0.3333333333333333	0,33765	-0,0043
8	3.85	0.3750000000000000	0,38347	-0,0084
9	9.08	0.4000000000000000	0,40637	-0,0063
10	9.31	0.4285714285714285	0,42928	-0,00063
11	5.00	0.5000000000000000	0,49801	-0,00199
12	5.81	0.5714285714285714	0,57869	-0,0072
13	6.05	0.6000000000000000	0,60259	-0,0025
14	6.28	0.6250000000000000	0,6255	-0,0005
15	6.75	0.6666666666666666	0,67231	-0,00564
16	9.22	0.7142857142857143	0,71912	-0,0049
17	9.58	0.7500000000000000	0,75498	-0,0049
18	8.06	0.8000000000000000	0,80279	-0,0027
19	8.42	0.8333333333333334	0,83865	-0,0032
20	8.67	0.8571428571428571	0,86355	-0,00645
21	8.79	0.8750000000000000	0,8755	-0,0005
22	10.04	1.0000000000000000	1	0,0000

Згідно даних таблиці побудуємо характерні графіки на рис. 28-33.

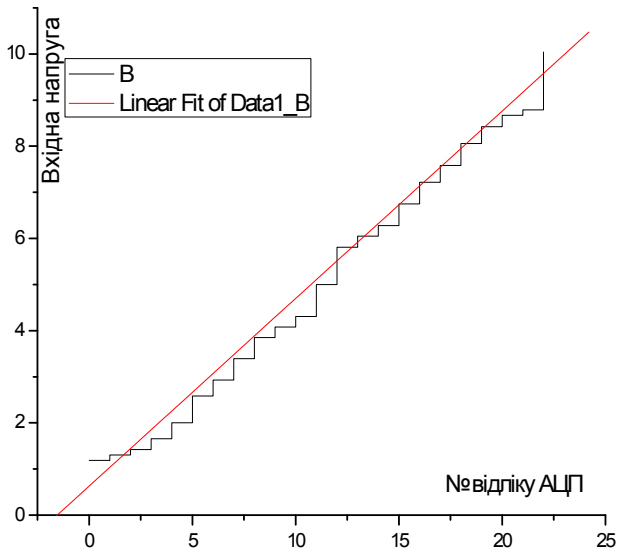


Рис. 28 - Характеристика вимірювального перетворення АЦП\_8R

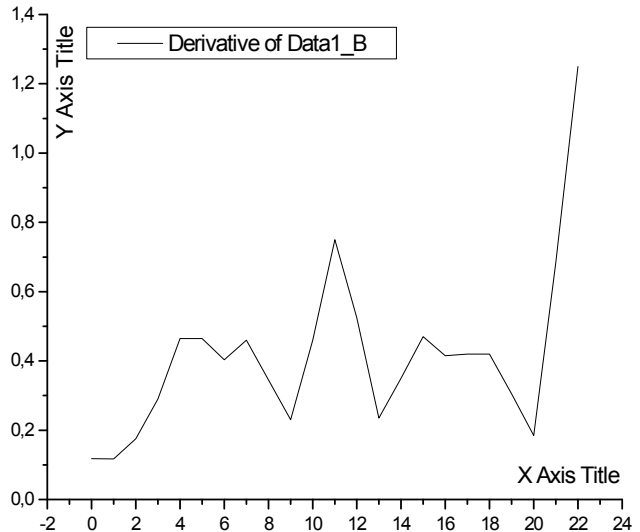


Рис. 29 - Відхилення характеристики вимірювального перетворення АЦП\_8R

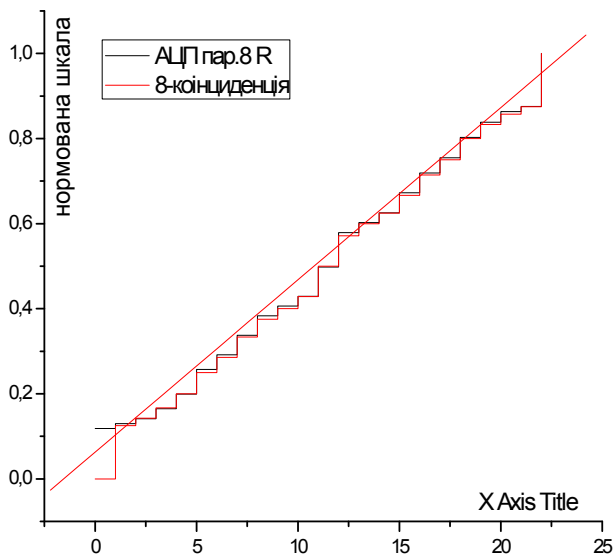


Рис. 30 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП\_8R і шкали 8-коінциденція

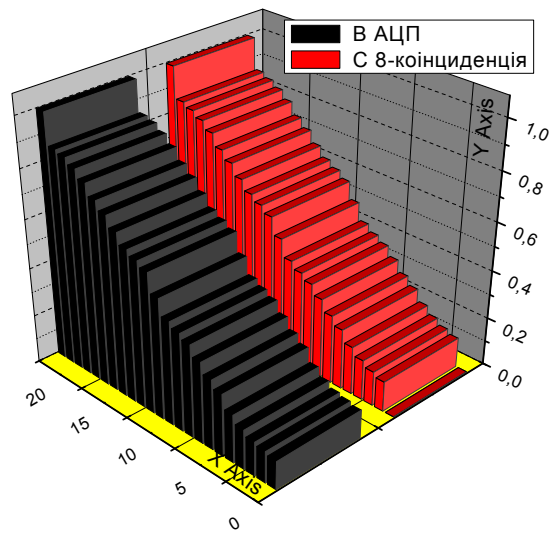


Рис. 31 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП\_8R і шкали 8-коінциденція у тривимірній графіці

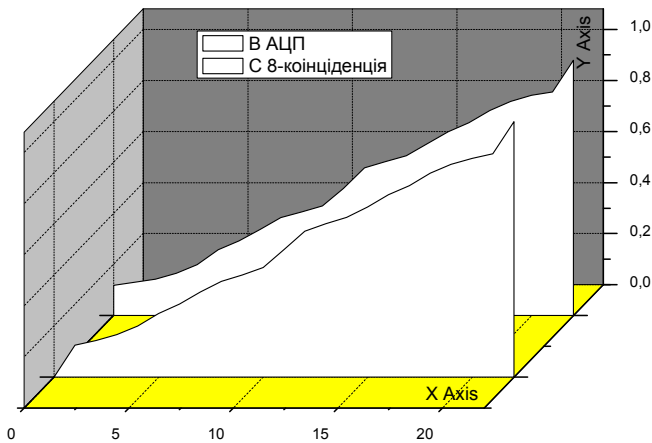


Рис. 32 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП\_8R і шкали 8-коінциденція

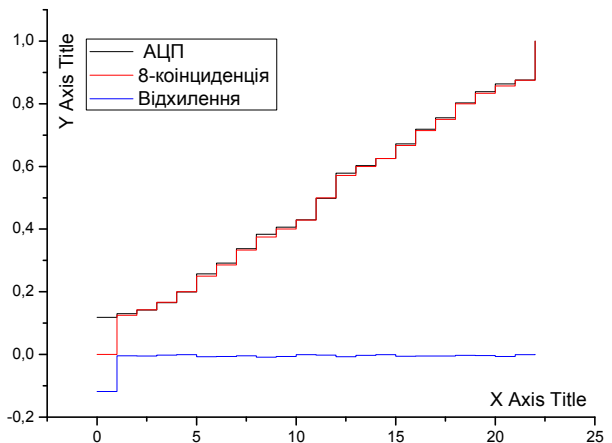


Рис.33 - Нормовані порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП\_8R і шкали 8-коінциденція, та відхилення шкал



**Дослідження АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії**

Проведемо аналогічним чином моделювання для випадку АЦП послідовного наближення, яке є типовим представником АЦП різночасового порівняння.

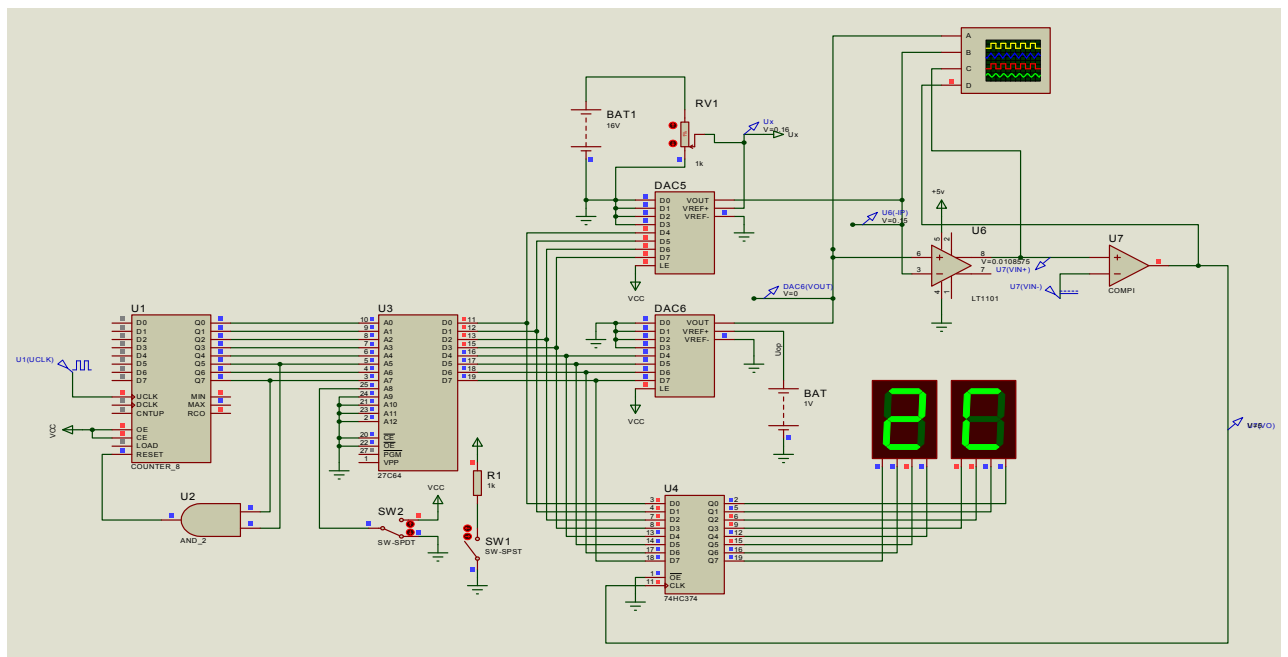


Рис. 34 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії із шкалою 16-коінцидентія

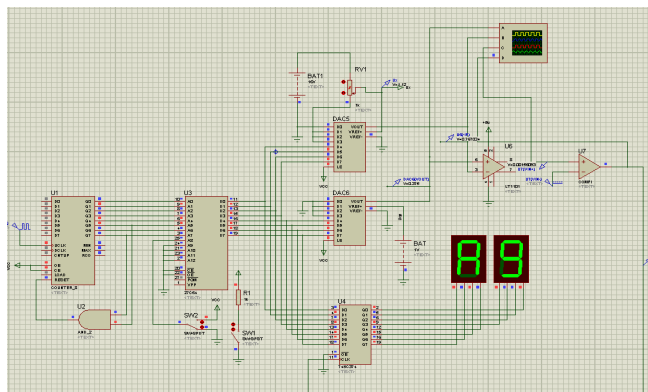


Рис. 35 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії із шкалою 16-коінцидентія (зміна вихідних кодів)

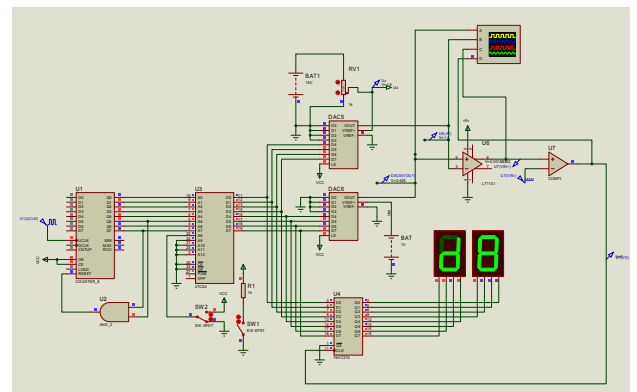


Рис. 36 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії із шкалою 16-коінцидентія (зміна вихідних кодів)

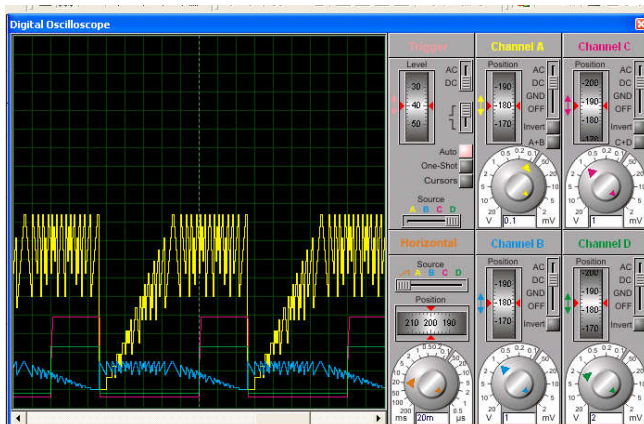


Рис. 37 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії із шкалою 16-коінцидентія (зміна вихідних кодів)

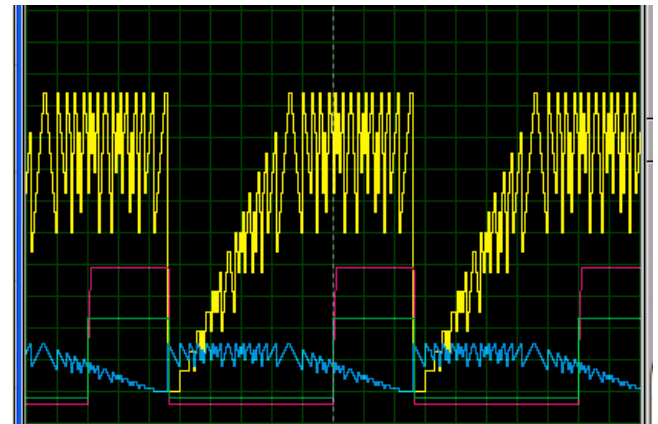


Рис. 38 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінцидентії із шкалою 16-коінцидентія (зміна вихідних кодів)

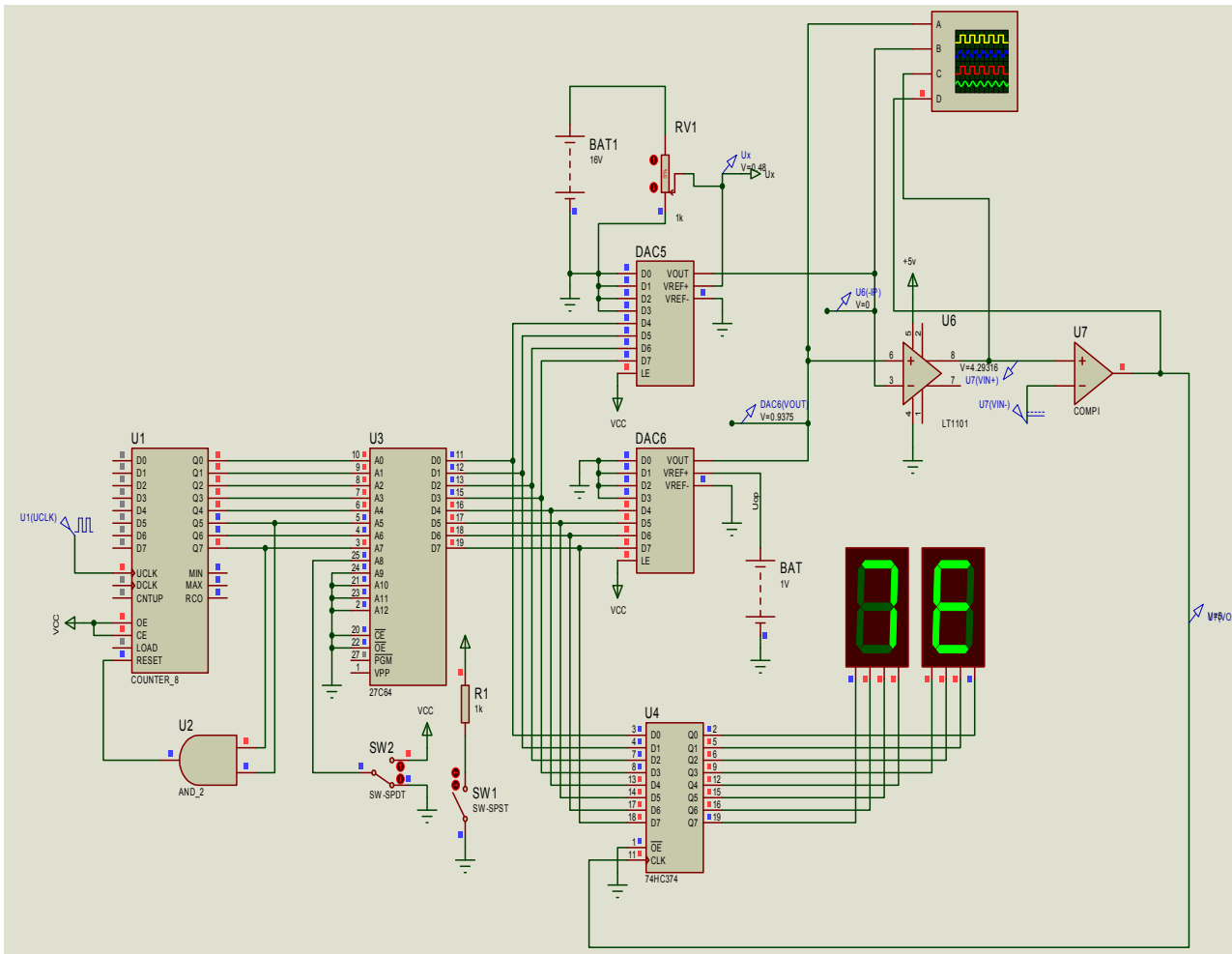


Рис. 39 - Робота моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

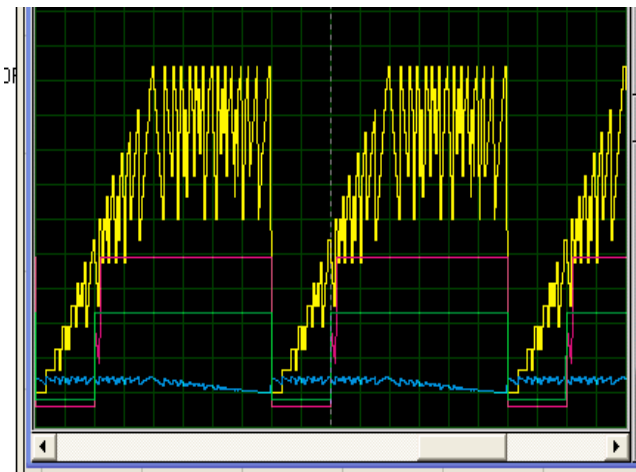


Рис. 40 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

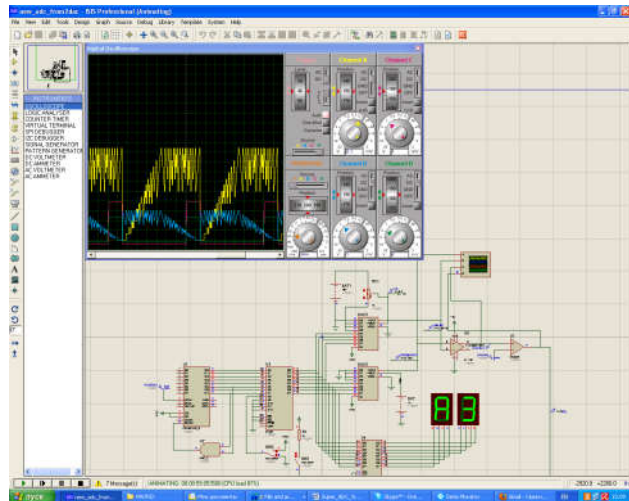


Рис. 41 - Загальний вигляд робочої панелі

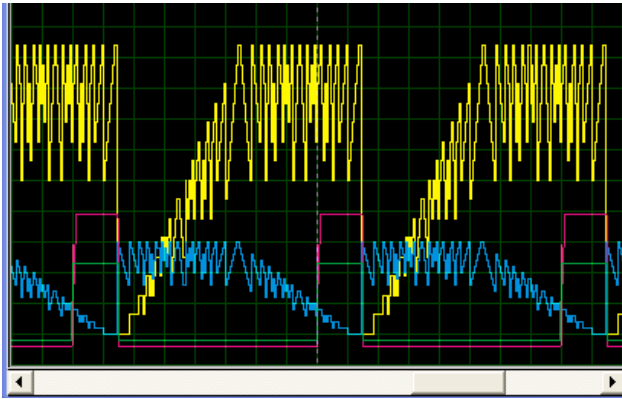


Рис. 42 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

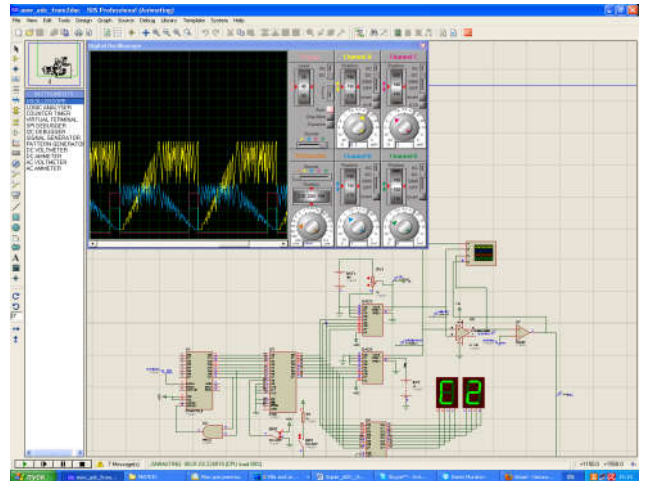


Рис. 43 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

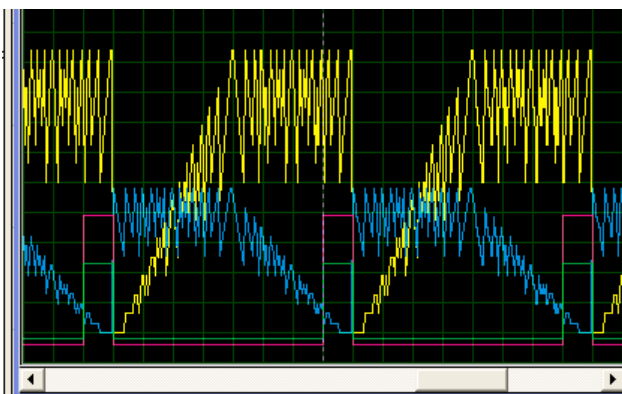


Рис. 44 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

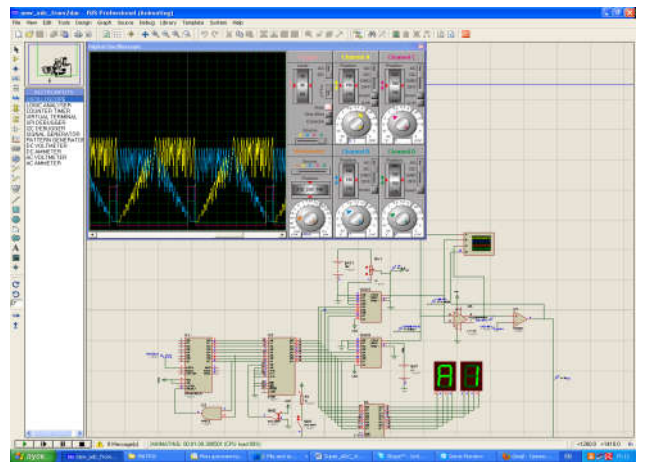


Рис. 45 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

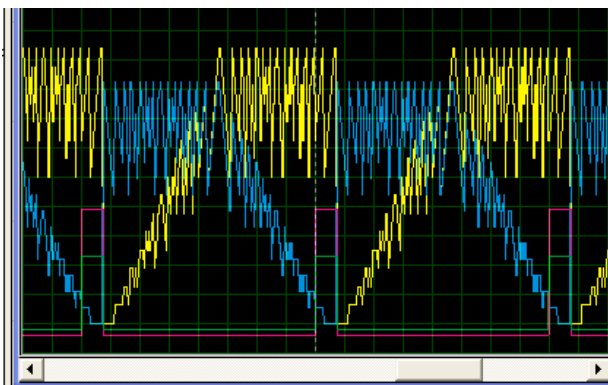


Рис.46 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

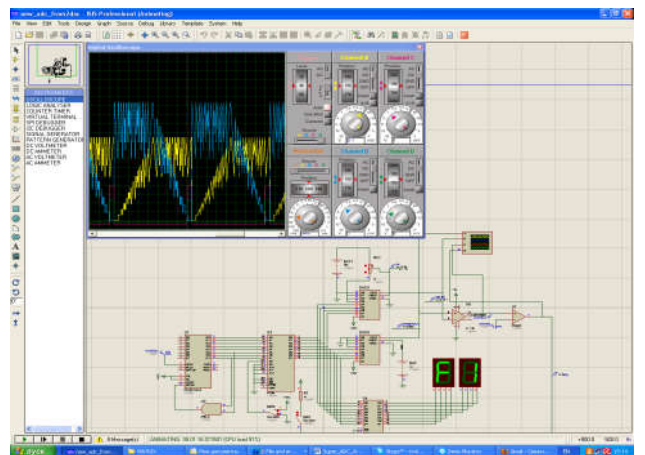


Рис. 47 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

Таким чином, як АЦП паралельної дії так і послідовного наближення не чітко працюють, реалізуючи метод коінциденції, а і забезпечують всі ті переваги Квантової теорії вимірювань (шкали відношень), і дозволяють на практиці одночасно покращувати і точність і швидкість вимірювального перетворення амплітудних параметрів.

Очевидним також є той факт, що відхилення квантованої шкали моделі від ідеальної шкали коінциденції незначне, навіть без використання прецизійних методів задавання зразкових напруг на вході.

Осцилограми роботи АЦП послідовного наближення показують динаміку роботи АЦП коінциденції, та вказують на можливості оптимізації їх роботи, шляхом використання програмованих значень шкали вимірювального перетворення. Як видно АЦП можуть бути реалізовані як на дискретних компонентах, так і програмових елементах, або у вигляді спеціалізованої мікросхеми.



**Очікувані результати виконання проекту та їх наукова новизна**

- створення та розробка математичних моделей вимірвальних процедур амплітудної та фазочастотних величин, адекватних до реальних, а не ідеалізованих параметрів;
- перегляд та встановлення ієрархічної залежності існуючих, та розроблених нових методів вимірювань із врахуванням причинно-наслідкових та метрологічних аспектів процедури вимірвальних АЦП;
- розробка універсально програмно продукту для програмування та адаптації характеристик перетворення ЦАП і АЦП;
- Розроблення топологічних структур квантових вимірвальних перетворювачів;
- **Порівняння очікуваних результатів із результатами інших авторів в даній області досліджень.**
- В результаті моніторингу останніх досягнень в галузі вимірвальної техніки та тенденцій побудови мікросхем ЦАП і АЦП та DDS визначальними і єдиними є і залишаються «класичні підходи» які використовують неадекватні моделі (наприклад частота величина обернена до періоду), абож використовують лише мізерну частину значень (зручних двійкових) КВШП.

Тому всі існуючі методи є найнижчим рівнем ієрархії методів КВП, над яким є прості вимірювачі за методом коінцидентії, та принципово нові методи які забезпечують ще більш значне покращення, яке наглядно показує приклад використання 8 –ми резисторних подільника Кельвіна, і Атенюатора-подільника Троцишина, де класичний нижній рівень дає лише кількість точок = 8, а для перетворювачів на основі атенюатора-подільника Троцишина їх кількість для 8 – ми резисторного ланцюжка може складати (в залежності від типу перетворювача): 22 - (коінцидентії), 166 - (подвійної коінцидентії), 169 - (сумарно-різницевої), 247 - (комбінований).

Пріоритет створення програмованих мікросхем АЦП і ЦАП належить авторам проекту, так як в класичних двійкових структурах такі підходи є неможливими, із за відсутності всіх квантованих точок та їх надлишковості.

**Література**

1. І.В. Троцишин. Квантова теорія випромінювань: принципи та методи вимірвального перетворення параметрів радіосигналів. І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, Н.І. Троцишина // Матеріали Одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції "Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП\_11\_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.25-28
2. Троцишин І.В. Спосіб побудови атенюатора-подільника Троцишина. Патент України 100581. МПК (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200), Опубліковано 10.01.2013, Бюл. № 1.
3. І.В. Троцишин . ЦАП і АЦП на основі атенюатора-подільника троцишина (апт) і його модифікації. І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, М.І. Троцишин // Матеріали Одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції "Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП\_11\_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.100-103.
4. И.В.Троцишин. Новое поколение ЦАП-АЦП с программируемыми параметрами характеристики преобразования на основе атенюатора-делителя Троцишина / И.В.Троцишин // Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments-2012; Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва 6-7 декабря 2012г, С. 420-422.
5. И.В.Троцишин. ЦАП-АЦП на основе атенюатора-делителя троцишина с программируемыми параметрами характеристики преобразования / И.В.Троцишин // Матеріали конференції, 67- ма науково-технічна конференція професорсько викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів, Одес, 5-7 грудня 2012р. С. 70-75.

**References**

1. I.V Trotsyshyn. Quantova teoriya vymirunan: Principy ta Methody vymirvalnogo peretvorennya parametriv radiosignaliv. I.V. Trotsyshyn, O.P. Voytyuk, N.I. Trotsyshyna // Materialy 11-y misznarodnoi naukovo-tehnithoi konferencii "Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tekhnologithnykh procesakh" (VOTTP\_11\_2012), 5 - 8 June 2012. in. Khmelnytsky, S.25-28
2. Trotsyshyn I.V. Sposib pobudovy attenuatora-podilnyka Trotsyshyna. Patent Ukrainy 100581. IPC (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200) Posted 10/01/2013, Bull. Number 1.
3. I.V. Trotsyshyn. CAP I ACP na osnovi atenuatora-podilnyka Trotsyshyna (APT) I yogo modyfikazii. /I.V Trotsyshyn, O.P. Voytyuk, M.I. Trotsyshyn // Materialy 11-y misznarodnoi naukovo-tehnithoi konferencii "Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tekhnologithnykh procesakh" (VOTTP\_11\_2012), 5 - 8 June 2012. in. Khmelnytsky, S.100-103.
4. I.V.Trotsyshyn. Novoe pokolenie CAP- ACP s prohrammyruemyimi parameterami charakteristiki preobrazovania na osnove based on attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna / I.V.Trotsyshyn // Inzhenernyi i nauthnye prilozhenia na baze tehnolohy National Instruments-2012; Sbornyk trudov XI- y mezhdunarodnoy nauthnopraktitheskooy konferencii, 6-7 December 2012. Moscow, S. 420-422.
5. I.V.Trotsyshyn. CAP- ACP na osnove attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna s programmiuemymi parametrami charakteristiki preobrazovania / I.V.Trotsyshyn // Materialy konferencii , 67-a - naukovo-tehnithna konferencia profesorskogo vykladazkogo skladu, naukovziv ta studentiv, Odessa, 5-7 December 2012. S. 70-75.

Рецензія/Peer review : 8.4.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.  
Рецензент :

## РАМОЧНАЯ АНТЕННА С ДВУХТОЧЕЧНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

*Работа направлена на повышение эффективности радиотехнологий, использующих направленные свойства малогабаритных излучателей. Исследуется оригинальный излучатель в виде эллиптической рамочной антенны с произвольным двухточечным возбуждением.*

*Предложена модель определения амплитуд и фаз возбуждающих токов источников в зависимости от амплитуд и фаз ЭДС источников при различных относительных размерах и эксцентриситета рамки. Модель основывается на предположении о достаточно малой зависимости соотношения амплитуд и фаз токов источников возбуждения от эксцентриситета эллиптического излучателя малых электрических размеров. Предложенная модель для расчета характеристик направленности рамочного излучателя с двухточечным возбуждением достаточно проста, что позволяет проводить анализ влияния как конструктивных параметров рамочного излучателя – эксцентриситета и относительного размера, так и электрических – амплитуд и разности фаз ЭДС возбуждения.*

*Проведены расчеты диаграмм направленности такой антенны методом векторного потенциала. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с аналогичными вычислениями, проведенными в пакете математического моделирования FEKO.*

*Показано, что при квадратурном возбуждении и равенстве амплитуд токов возбуждения можно получить незначительную неравномерность в азимутальной и угломестной плоскостях для составляющей поля, расположенной в плоскости рамки. Изменением эксцентриситета можно регулировать глубину провала диаграммы направленности в вертикальном направлении. При значениях эксцентриситета, близких к единице, рамочный излучатель ведет себя, как вертикальный диполь с отсутствием излучения в вертикальном направлении. При эксцентриситете, равном нулю, имеем круговую рамку. При эксцентриситете, близком к 0,7...0,8 и при соответствующем амплитудно-фазовом соотношении возможно получение заданного уровня излучения в вертикальной плоскости, но только для составляющих электрического поля, лежащих в плоскости рамочного излучателя.*

*Направлениями дальнейших исследований в этой области являются оптимизация формы излучателя, увеличение точек возбуждения и выбор оптимальных мест их расположения, исследование характеристик направленности такой антенны и разработка широкодиапазонного устройства возбуждения антенны.*

**Ключевые слова:** эллиптическая рамочная антенна, волновое сопротивление, диаграмма направленности, произвольное двухточечное возбуждение.

V.V. GROMOZDIN

Radio Research and Development Institute, Russia

## LOOP ANTENNA WITH TWO-POINT EXCITATION

*The work is targeted to increase radiotechnologies' efficiency when applying small-size radiators' directional properties. The original elliptical loop antenna radiator with the two-point excitation is under research.*

*The suggested model of amplitude and excitatory current phases sources determination depending on the amplitude and EMF sources when having various loop dimensions and eccentricity. The model is based on presumption that the amplitude and excitation sources current phases are having quite small dependency on the small-size electric loop radiator eccentricity. The suggested model of the two-point excitation loop radiator eccentricity calculation is quite simple, so it allows to make an appraisal of both loop radiator structural parameters such as eccentricity and reference dimensions and electric amplitudes and EMF excitation phases difference as well.*

*Using vector potential method the pattern calculation of such an antenna directivity was carried out. Comparative analysis of the obtained results using a similar calculations, accomplished within the FEKO mathematic simulation package has been also carried out.*

*It is displayed that when quadratic excitation and equal excitation currents amplitudes we can obtain a slight non-uniformity within the azimuth and elevation planes for the field component located within the loop plane. By changing the eccentricity it is possible to regulate the pattern directivity hole depth towards the vertical direction. When the eccentricity values are close to 1 the loop radiator behaves itself like a vertical dipole without a radiation towards and vertical direction. When the eccentricity value is 0 then we have the round loop. When the eccentricity is close to 0,7...0,8 and having a relevant phase/amplitude correlation, it is possible to obtain a radiation target level within the vertical plane, but only for the electric field components which are in the loop radiator plane.*

*The oscillator shape optimization, expansion of the excitation points number and choice of the more efficient points location, antenna directivity features research and development of the broadband device for the antenna excitation could be the follow-up studies directions in this area.*

**Key words:** elliptical loop radiator, wave impedance, beam pattern, arbitrary two-point excitation.

Современные радиотехнологии все больше используют свойства электромагнитного поля для повышения своих качественных и количественных показателей. К таким свойствам можно отнести, в первую очередь, пространственные изменения интенсивности излучения (приема) и поляризации электромагнитных волн, которые формируются соответствующими излучающими структурами (антеннами).

Возможности формирования требуемых амплитудных и поляризационных характеристик направленности излучающих структур за счет их геометрической конфигурации изучены достаточно полно (см., например, [1,2]). Многоточечное возбуждение излучающей структуры в антенной технике является достаточно редко используемым способом, что обусловлено наличием таких недостатков, как сложность согласования источников возбуждения с источником сигнала и исключение “перетекания” мощности из одних источников в другие. Однако наличие многоточечного возбуждения в ряде случаев позволяет более просто реализовать требуемые характеристики направленности антенны, которые при одном источнике возбуждения являются затруднительными. В общем виде особенности использования таких антенн описаны в [3 – 5].

Целью данной работы является создание инженерной модели для анализа рамочной антенны с двухточечным возбуждением с определением амплитудно-фазовых соотношений токов возбуждения в зависимости от амплитудно-фазовых соотношений ЭДС возбуждения и геометрических размеров антенны, а также разработка методики расчета и получение диаграмм направленности в зависимости от эксцентриситета эллиптической рамки, ее относительного размера и разности фаз ЭДС источников возбуждения.

**Исследуемая модель.** Рассмотрим рамочный излучатель, имеющий, в частном случае, эллиптическую форму, и расположенный в декартовой системе, как показано на рис. 1, а. Здесь также представлены сферическая система координат  $R_0, \theta, \varphi$ , точка наблюдения  $M$  в дальней зоне с координатами  $x_M, y_M, z_M$ , проекции вектора напряженности поля излучения  $\vec{E}$  на орты сферической системы координат.

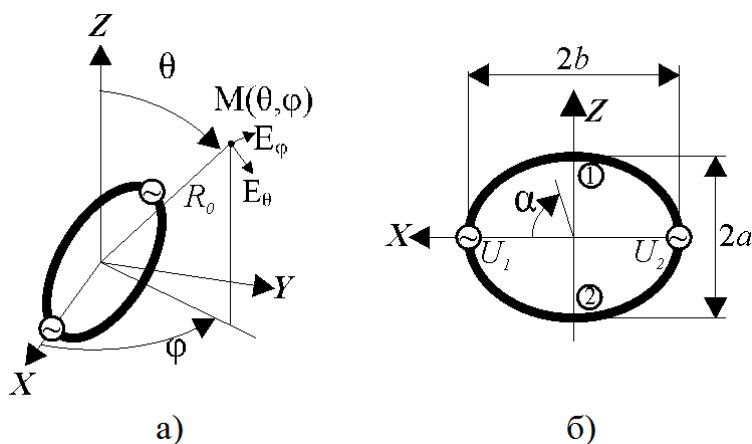


Рис. 1 — Рамочный излучатель в декартовой системе координат (а) и геометрическая конфигурация эллиптической рамки (б)

Эллиптический рамочный излучатель расположен в декартовой системе координат, как показано на рис. 1, б. Плоскость рамки совпадает с плоскостью  $XOZ$ , а оси эллипса, соответственно, большая  $2a$  и малая  $2b$  – с координатными осями  $X$  и  $Z$ . В разрывы эллиптической рамки в диаметрально противоположных точках, расположенных на большой оси эллипса, включены источники возбуждения  $U_1$  (положительное направление оси  $X$ ) и  $U_2$  (отрицательное направление оси  $X$ ).

В соответствии с этим, рамочную антенну можно представить в виде двух идентичных излучающих проводников 1 и 2, расположенных в пространстве зеркально относительно большой оси эллипса (оси  $X$  декартовой системы координат).

Особой проблемой в данной задаче является определение амплитуд и фаз токов возбуждения, т.к. реальные источники возбуждения являются источниками ЭДС со своим внутренним сопротивлением. Данные параметры токов возбуждения необходимы для формирования как оптимальной передачи мощности в антенну, так и для согласования с питающим фидером. При одноточечном возбуждении несогласованность сопротивлений приводит только к изменению амплитуды и фазы возбуждающего тока, но не изменяет распределения токов в антенне и, соответственно, амплитудных диаграмм направленности. При многоточечном же возбуждении, взаимное влияние источников друг на друга приводит к фактическому отклонению амплитуд и фаз питающих токов источников от предполагаемых за счет соотношений значений ЭДС и внутренних сопротивлений источников. Следует отметить, что это отклонение зависит также от сопротивления излучения антенны  $R_{\Sigma}$ . Поэтому в данном случае учет сопротивления излучения антенны  $R_{\Sigma}$  необходим не только при расчете амплитудных характеристик направленности, но и прежде всего для расчета амплитуд и фаз возбуждающих токов.

Определение токов возбуждения (параметров токов возбуждения) при заданных напряжениях возбуждения предлагается проводить исходя из модельного представления рамочной антенны в виде отрезка длинной линии.

Существует два вида такого модельного представления.

– **Линия без потерь.** При этом сопротивление излучения антенны  $R_{\Sigma}$  помещается в место расположения пучности тока, определение которого зачастую является самостоятельной задачей.

– **Линия с потерями.** При этом сопротивление излучения антенны  $R_{\Sigma}$  учитывается в коэффициенте распространения волны  $\gamma = \alpha + j\beta$ , где  $\alpha$  – коэффициент затухания,  $\beta$  – коэффициент фазы.

Коэффициент распространения волны  $\gamma$  длинной линии включает в себя распределенное омическое сопротивление проводника  $R$  и распределенную проводимость  $G$  между проводниками с соблюдением соотношения Хэвисайда для неискажающей линии [6]:

$$\frac{G}{C} = \frac{R}{L} = p, \tag{1}$$

где  $G$ ,  $C$ ,  $R$  и  $L$  – погонные параметры линии – проводимость диэлектрика, емкость между проводниками, сопротивление и индуктивность проводников.

Это приводит к тому, что волновое сопротивление нагруженной линии  $Z_{\text{в}}$  является таким же, как и в линии без потерь

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} = \sqrt{\frac{L(1+\frac{R}{j\omega L})}{C(1+\frac{G}{j\omega C})}} = \sqrt{\frac{L(1+\frac{p}{j\omega})}{C(1+\frac{p}{j\omega})}} = \sqrt{\frac{L}{C}} = \rho^*, \tag{2}$$

где  $\rho^*$  – волновое сопротивление линии без наличия активной составляющей коэффициента распространения волны.

Соответственно, внесенные потери, определяемые сопротивлением излучения антенны  $R_{\Sigma}$ , не изменяют ни волнового сопротивления линии  $Z_{\text{в}}$ , ни ее коэффициента распространения волны  $\gamma$ , что не позволяет определить значения токов (параметров токов) источников возбуждения. Следует также отметить, что в данной задаче, как и в реальных кабелях, соотношение (2) не выполняется, поскольку проводимость утечки через изоляцию значительно меньше емкостного сопротивления между проводниками.

В этом случае возможен вариант включения сопротивление излучения антенны  $R_{\Sigma}$  в омические потери проводника линии  $R$  и пренебрежение проводимостью диэлектрика  $G$ . В этом случае, коэффициент затухания  $\alpha$  и коэффициент фазы  $\beta$  определяются достаточно простыми выражениями:

$$\begin{cases} \alpha = R_{\Sigma}/(2\rho P) \\ \beta = k \sqrt{0,5(1 + \sqrt{1 + (\alpha/k)^2})} \end{cases}, \tag{3}$$

где  $k = \sqrt{2\pi/\lambda}$  – волновое число.

Однако возникают затруднения с определением волнового сопротивления  $Z_{\text{в}}$  такой линии, т.к. в него входит дополнительным множителем емкость между проводниками  $C$ , точное вычисление которой сопряжено с определенными трудностями, решение которых существенно усложнит разрабатываемую инженерную модель

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{(R_{\Sigma}/j\omega C) + (L/C)} = \sqrt{(R_{\Sigma}/j\omega C) + \rho^{*2}}. \tag{4}$$

В связи с вышеизложенным, для дальнейших расчетов использована модель без потерь, при которой сопротивление излучения антенны  $R_{\Sigma}$  помещается в место расположения пучности тока.

Эквивалентная схема антенны для определения значений токов источников возбуждения в этом случае представлена на рис.2.

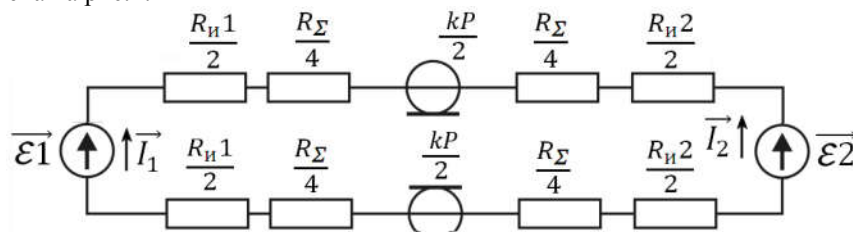


Рис. 2 – Модель антенны для определения значения токов источников возбуждения

С учетом полной симметрии схемы в дальнейшем принимаем, что входные и выходные сопротивления линии равны, а сопротивления источников равны волновому сопротивлению эквивалентной линии без потерь ( $R_{и1} = R_{и2} = R_{и} = \rho$ ), что является условием отсутствия отраженной волны для каждого из источников возбуждения, и в данном случае определяются выражением

$$Z_{вх} = Z_{вых} = \rho \frac{R_{и} + 0,5Z_{г} + j\rho \cdot \operatorname{tg}(0,5kP)}{\rho + j(R_{и} + 0,5Z_{г})\operatorname{tg}(0,5kP)}. \quad (5)$$

Соответственно, выражения для токов источников:

$$\begin{cases} I_1 = \frac{\bar{\mathcal{E}}_1}{R_{и} + 0,5Z_{г} + Z_{вх}} - \frac{\bar{\mathcal{E}}_2 \left( \frac{Z_{вх}}{R_{и} + 0,5Z_{г} + Z_{вх}} \right) e^{j0,5kP}}{R_{и} + 0,5Z_{г}} \\ I_2 = \frac{\bar{\mathcal{E}}_2}{R_{и} + 0,5Z_{г} + Z_{вх}} - \frac{\bar{\mathcal{E}}_1 \left( \frac{Z_{вх}}{R_{и} + 0,5Z_{г} + Z_{вх}} \right) e^{j0,5kP}}{R_{и} + 0,5Z_{г}} \end{cases}. \quad (6)$$

Традиционным способом определения сопротивления излучения антенны  $R_{г}$  является определение мощности излучения антенны через замкнутую поверхность от нее в дальней зоне и соотношение ее к квадрату амплитуды тока источника. Значение сопротивления излучения антенны  $R_{г}$  определяется конструкцией антенны, поэтому для его определения приравняем нулю амплитуды ЭДС всех источников, за исключением одного, амплитуда тока которого будет формировать мощность излучения антенны и соответственно, будет определять сопротивление излучения антенны  $R_{г}$ .

Таким образом, в данном случае для определения сопротивления излучения антенны  $R_{г}$  задаются токи  $I_1 = 1$  и  $I_2 = 0$ , определяются суммарная мощность излучения антенны  $P_{г}$  и сопротивление излучения антенны  $R_{г}$  согласно формул:

$$\begin{cases} P_{г} = \frac{1}{120\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} (E_{m\theta}(\theta, \varphi)^2 + E_{m\varphi}(\theta, \varphi)^2) \sin\theta d\theta \\ R_{г} = \frac{P_{г}}{I_1^2} \end{cases}. \quad (7)$$

В общем случае определение сопротивления излучения антенны  $R_{г}$  может являться итерационным процессом, т.к. суммарная мощность излучения антенны  $P_{г}$  зависит, в том числе и от сопротивления излучения антенны  $R_{г}$ , но для построения упрощенной инженерной методики анализа можно ограничиться первым приближением.

Для анализа поля излучения исследуемого рамочного излучателя эллиптической формы применялся метод векторного потенциала и с учетом того, что исследуется поле в дальней зоне, соотношение для вектора напряженности электрического поля  $E(\theta, \varphi)$  определялось согласно выражению

$$E(\theta, \varphi) = \frac{-j \cdot e^{-jkr}}{r} \cdot \frac{\omega\mu_0}{4\pi} \cdot \int_S I(\zeta) \cdot e^{-jk(x(\zeta)\sin\theta\cos\varphi + z(\zeta)\cos\theta)} \cdot d\zeta = -j \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot E_m(\theta, \varphi), \quad (8)$$

где  $S$  – полная длина проводника с током;

$r$  – расстояние от точки проводника с координатой  $\zeta$  до точки наблюдения;

$k = 2\pi/\lambda$  – волновое число ( $\lambda$  – длина волны электромагнитного колебания);

$I(\zeta)d\zeta = I(\zeta)(\vec{i}dx + \vec{j}dy + \vec{k}dz)$  – распределение тока вдоль проводника от параметра  $\zeta$ ;

$\frac{e^{-jkr}}{r}$  – множитель, характеризующий сферический фронт волны в дальней зоне.

С учетом геометрической формы проводников представляется удобным введение параметрического угла  $\alpha$ , относительно которого будет определяться координата точки  $\zeta$ .

Для исследуемого рамочного излучателя эллиптической формы, состоящего из двух идентичных проводников 1,2, учитывая принцип суперпозиции полей отдельных источников, выражения для составляющих вектора напряженности электрического поля имеют вид:

$$\begin{cases} E_{m\theta}(\theta, \varphi) = \sum_i E_{xi}(\varphi, \theta) \cos\theta \cos\varphi - \sum_i E_{zi}(\varphi, \theta) \sin\theta \\ E_{m\varphi}(\theta, \varphi) = \sum_i E_{xi}(\varphi, \theta) \sin\varphi \end{cases}, \quad (9)$$

где  $E_{xi}(\varphi, \theta)$  и  $E_{zi}(\varphi, \theta)$  – составляющие вектора напряженности электрического поля для  $i$ -того проводника

$$\begin{cases} E_{x_i}(\varphi, \theta) = -j \frac{\omega \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^{-jk r}}{r} \int_0^\pi I_i(\alpha) \cdot e^{-jk(x_i(\alpha) \sin \theta \cos \varphi + z_i(\alpha) \cos \theta)} \cdot \frac{\partial x(\alpha)_i}{\partial \alpha} d\alpha \\ E_{z_i}(\varphi, \theta) = -j \frac{\omega \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^{-jk r}}{r} \int_0^\pi I_i(\alpha) \cdot e^{-jk(x_i(\alpha) \sin \theta \cos \varphi + z_i(\alpha) \cos \theta)} \cdot \frac{\partial z(\alpha)_i}{\partial \alpha} d\alpha \end{cases}, \quad (10)$$

$\theta, \varphi$  – угловые координаты точки наблюдения, отсчитываемые, соответственно, для угломерной плоскости от оси Z и для азимутальной плоскости от оси X;

$x_i, z_i$  и  $\frac{\partial x_i}{\partial \alpha}, \frac{\partial z_i}{\partial \alpha}$  – соответственно координаты излучающих проводников и их дифференциалы относительно параметрического угла  $\alpha$ ;

$I_i(\alpha)$  – вектор амплитудно-фазового распределения тока вдоль излучающих проводников.

Координаты излучающих проводников  $x_i, z_i$  при этом определяются выражениями:

$$\begin{cases} x_{1,2}(\alpha) = a \cdot \sqrt{(1 - ex^2) \cdot \cos(\alpha)} \\ z_1(\alpha) = a \cdot \sin(\alpha) \\ z_2(\alpha) = -a \cdot \sin(\alpha) \end{cases}. \quad (11)$$

Токи от источников возбуждения по проводникам соответственно:

$$\begin{cases} I_{11}(\alpha) = I_1 \cdot e^{jk \cdot \int_0^\alpha \sqrt{1 - ex^2 \cos(\alpha)^2} d\alpha} \\ I_{12}(\alpha) = -I_1 \cdot e^{jk \cdot \int_0^\alpha \sqrt{1 - ex^2 \cos(\alpha)^2} d\alpha} \\ I_{21}(\alpha) = I_2 \cdot e^{j(\Delta\Phi + k \cdot \int_0^\alpha \sqrt{1 - ex^2 \cos(\alpha)^2} d\alpha)} \\ I_{22}(\alpha) = -I_2 \cdot e^{j(\Delta\Phi + k \cdot \int_0^\alpha \sqrt{1 - ex^2 \cos(\alpha)^2} d\alpha)} \end{cases}, \quad (12)$$

где  $I_{1,2}$  – амплитуды токов на зажимах источников возбуждения;

$\Delta\Phi$  – разность начальных фаз токов источников возбуждения;

$ex$  – эксцентриситет эллиптической рамки.

**Результаты расчетов и их анализ** На рис.3 приведены результаты расчета сопротивления излучения в диапазоне относительного периметра рамки  $P/\lambda = 0,1 \dots 1,1$ , где  $P$  – периметр рамки.

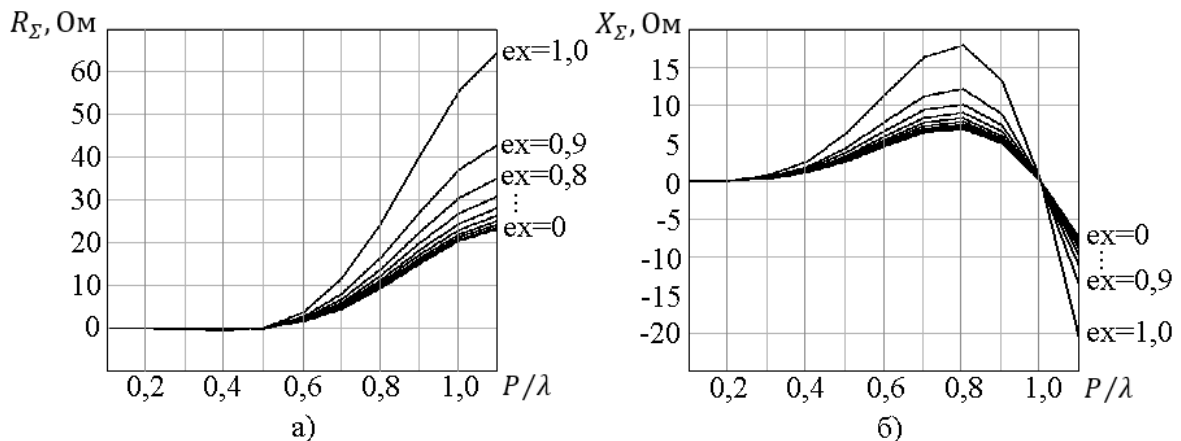


Рис. 3 — Активная (а) и реактивная (б) часть сопротивления излучения эллиптической рамки

Из приведенных расчетов следует, что с ростом эксцентриситета рамочного излучателя увеличивается активная часть сопротивления излучения антенны  $R_\Sigma$ , что является следствием уменьшения разности набега фаз  $\Delta\Phi$  излучаемого поля – см. рис.4. Также активная часть  $R_\Sigma$  монотонно растет и при увеличении относительного размера рамки  $P/\lambda$ . Реактивная часть  $X_\Sigma$  с ростом  $P/\lambda$  увеличивается и при  $P/\lambda = 0,8$  имеет максимум, а при  $P/\lambda = 1,0$  обращается в 0, что говорит о наличии резонанса в системе. В пределах  $P/\lambda = 0 \dots 1,0$  реактивная часть сопротивления излучения  $X_\Sigma$  имеет положительный знак, что подтверждает его индуктивный характер.

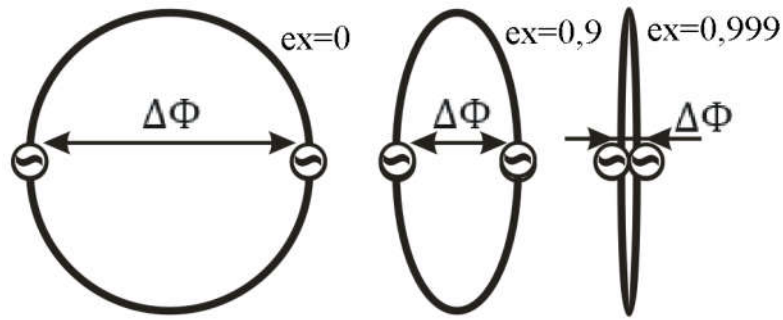


Рис. 4 – Вид эллиптических рамок в зависимости от эксцентриситета эллиптической рамки

Из рис.4 видно, что при эксцентриситете стремящимся к  $ex = 1$  рамочный излучатель преобразуется в симметричный вибратор. Если при этом относительный размер такого излучателя  $P/\lambda = 1,0$ , то рамочный излучатель преобразуется в четвертьволновый симметричный вибратор. Сопротивление излучения такой антенны хорошо известно, оно совпадает с входным сопротивлением антенны и равно  $Z_{с.в.} = 73,1 + j42,5 \text{ Ом}$ , что отличается от полученных выше результатов при расчете ( $55,6 + j0 \text{ Ом}$ ). Данный факт указывает на ограничения примененной модели для расчета сопротивления излучения антенны  $R_{\Sigma}$  при значениях эксцентриситета эллиптической рамки при значениях  $ex$  близких к единице.

На рис.5 представлены расчеты соотношения амплитуд токов источников в зависимости от относительного периметра рамки, произведенные в соответствии с формулами (5) и (6).

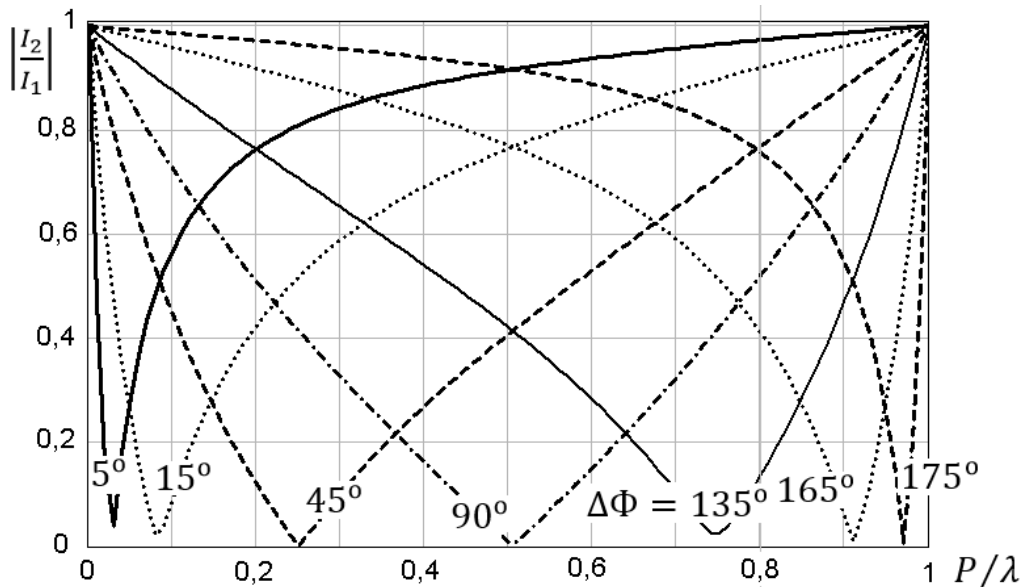


Рис. 5 – Соотношение токов источников в зависимости от относительного периметра рамки

Как следует из приведенных на рис.5 расчетов, соотношение амплитуд токов источников изменяются с изменением относительного периметра рамочного излучателя (и, соответственно, частоты), что также зависит от начальной разности фаз ЭДС источников. Именно это различие в амплитудах токов возбуждения при соответствующих фазах может обеспечить получение однонаправленного излучения, в противном же случае, характеристики направленности всегда были бы симметричными.

Модель, приведенная на рис.2, не учитывает эксцентриситет рамочного излучателя, соответственно, нет этой зависимости в расчетах и на рис.5. Для подтверждения данного факта были проведены аналогичные расчеты методом точного электродинамического моделирования в пакете FEKO, результаты которого для  $ex = 0$  и  $0.99$  приведены на рис.6.



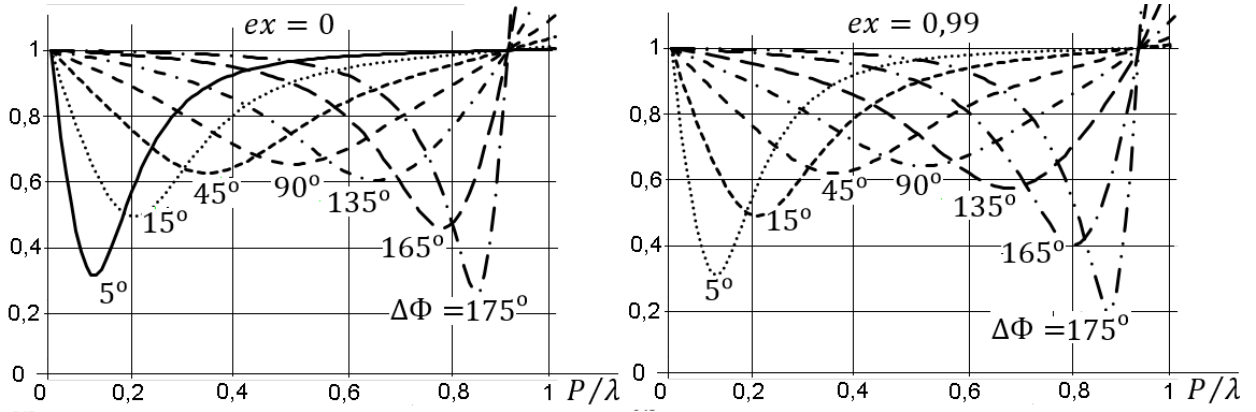


Рис. 6 – Рассчитанные в FEKO соотношения токов источников в зависимости от относительного периметра рамки для значений  $ex = 0$  и  $ex = 0,99$

Проведенные расчеты соотношений токов в FEKO подтверждают ранее сделанное предположение о достаточно малой зависимости соотношения амплитуд токов источников от эксцентриситета эллиптического излучателя малых электрических размеров. Однако сами абсолютные значения полученных в пакете FEKO соотношений при приближении относительного периметра рамки  $P/\lambda$  к 0,5 в значительной степени отличаются от рассчитанных по формулам (5) и (6), что, по-видимому, объясняется отсутствием учета взаимного влияния проводников и эффекта излучения проводников в модели, приведенной на рис.2.

По результатам расчетов, как в предложенной модели, так и в пакете FEKO для разности фаз ЭДС источников равном 0 или 180 градусов, соотношение амплитуд токов источников равно единице вне зависимости от относительного периметра рамочного излучателя.

На рис.7 и 8 приведены рассчитанные по формулам (5) – (12) диаграммы направленности антенны для двух вариантов соотношений разности фаз источников возбуждения ЭДС и эксцентриситета рамочного излучателя. Для этих же случаев приведены рассчитанные диаграммы направленности антенны в пакете FEKO.

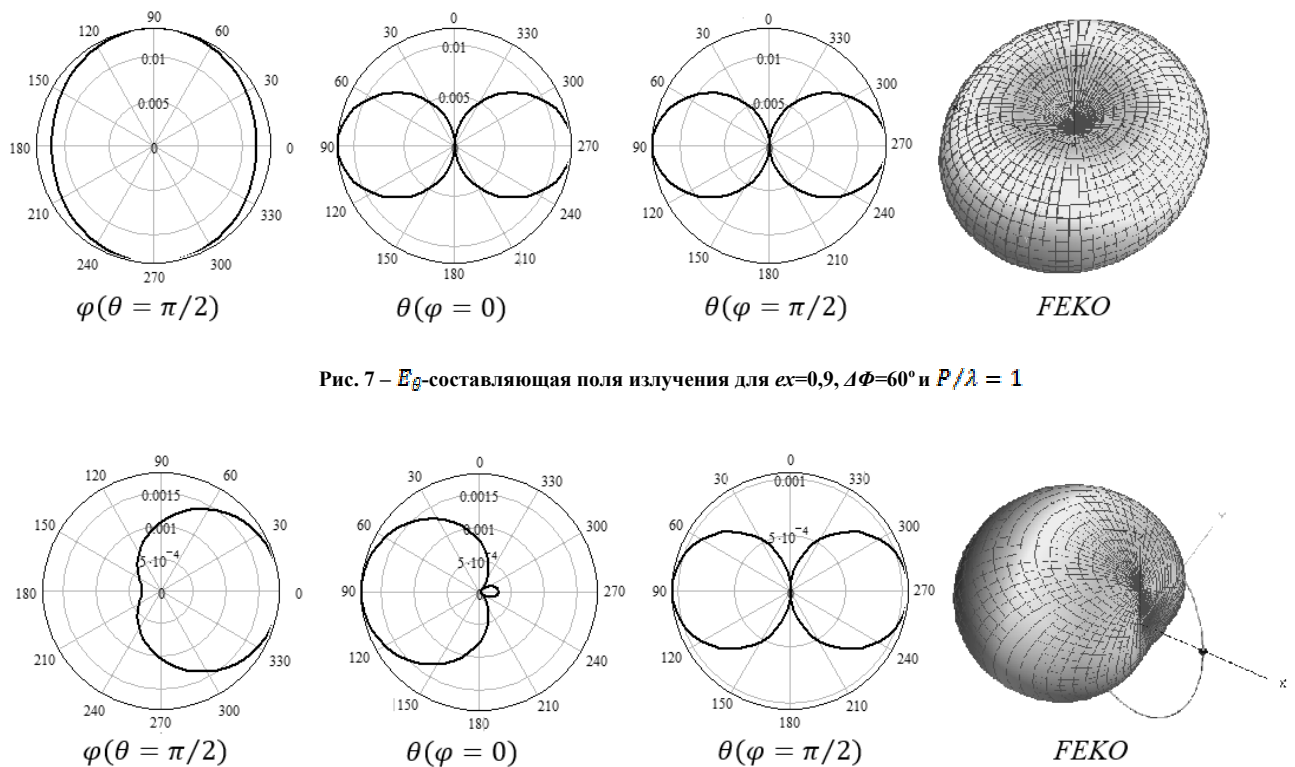


Рис. 7 –  $E_{\theta}$ -составляющая поля излучения для  $ex=0,9, \Delta\Phi=60^\circ$  и  $P/\lambda = 1$

Рис. 8 –  $E_{\theta}$ -составляющая поля излучения для  $ex=0,9, \Delta\Phi=60^\circ$  и  $P/\lambda = 0,2$

Из проведенных расчетов следует, что в зависимости от соотношения фаз токов возбуждения источников, эксцентриситета рамочного излучателя и относительного размера существует принципиально две ярко выраженные диаграммы направленности – в виде всенаправленного излучения в плоскости  $\varphi$  и в

виде однонаправленного излучения. Изменением соотношения вышеперечисленных параметров, а также соотношением амплитуд источников ЭДС возбуждения можно получать промежуточные диаграммы направленности представленного рамочного излучателя.

Отдельный интерес представляет собой поле излучения рамочного излучателя при двухточечном возбуждении источниками тока с заданными соотношениями их фаз и амплитуд. На рис. 9 представлена  $E_\theta$ -составляющая поля излучения рамочного излучателя для  $ex=0,8$  и  $P/\lambda = 0,2 \dots 1$ . Возбуждение – двухточечное (рис.1) источниками тока равной амплитуды с  $\Delta\Phi=90^\circ$ .

Данная диаграмма направленности антенны позволяет обеспечить плоское излучение в верхнем полупространстве, причем уровень излучения в вертикальном направлении ( $\theta = 0$ ) можно регулировать значением эксцентриситета рамки. При этом следует отметить, что данная возможность обеспечивается только для составляющей электрического поля, расположенной в плоскости расположения рамки, т.е. для  $E_\theta$ -составляющей поля при  $\varphi = 0$ . При  $\varphi = \pi/2$  и  $\theta = 0$  не имеется элементов рамки, лежащих в плоскости составляющей вектора  $E_\theta$ , поэтому излучение для данного случая отсутствует всегда. К сожалению, пересчет для этого случая значения ЭДС из (5) и (6) для требуемых значений токов, и подстановка их в модель в пакете FEKO, не позволяет получить в нем диаграмму направленности антенны, аналогичную приведенной на рис.9, что еще раз показывает ограниченность данной модели.

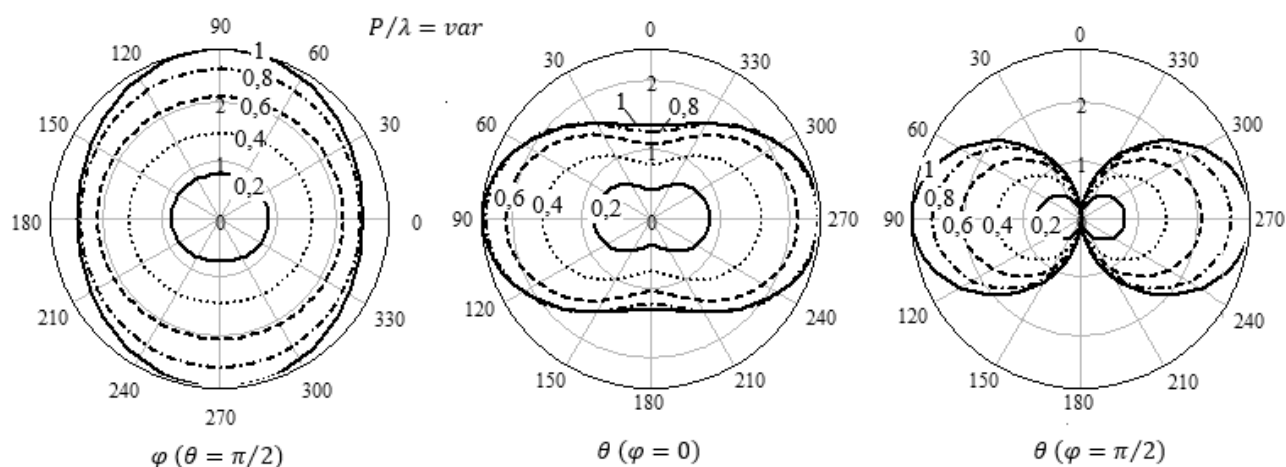


Рис. 9 –  $E_\theta$ -составляющая поля излучения для  $ex=0,8$  и  $P/\lambda = var$  при возбуждениях источниками тока равной амплитуды с  $\Delta\Phi=90^\circ$

**Выводы.** Предложенная модель для расчета характеристик направленности рамочного излучателя с двухточечным возбуждением достаточно проста, что позволяет проводить анализ влияния как конструктивных параметров рамочного излучателя – эксцентриситета и относительного размера, так и электрических – амплитуд и разности фаз ЭДС возбуждения.

Модель основывается на предположении о достаточно малой зависимости соотношения амплитуд и фаз токов источников возбуждения от эксцентриситета эллиптического излучателя малых электрических размеров, а в основном определяются амплитудами и фазами ЭДС источников и электрической длиной проводников. Расчеты, приведенные на рис.6 подтверждают данное предположение, т.к. при различных значениях эксцентриситета полученные соотношения токов источников возбуждения практически идентичны. Сравнение этих расчетов с расчетами, приведенными на рис.5 подтверждают адекватность предложенной модели, особенно при относительном размере эллиптического излучателя близком к нулю и к единице. При этом, сами абсолютные значения полученных в пакете FEKO соотношений при приближении относительного периметра рамочного излучателя  $P/\lambda$  к 0,5 в значительной степени отличаются от рассчитанных по формулам (5) и (6), что показывает некую ограниченность предложенной модели.

Двухточечное возбуждение позволяет изменять диаграммные характеристики от всенаправленной до однонаправленной кардиоидного вида путем изменения амплитудно-фазовых соотношений ЭДС источников возбуждения без изменения конструктивных параметров. При этом однонаправленная диаграмма направленности обеспечивается при таких соотношениях ЭДС возбуждения и относительного периметра излучателя, при котором амплитуда тока одного из источников стремится к нулю.

При значениях эксцентриситета, близких к единице, рамочный излучатель ведет себя, как вертикальный диполь с отсутствием излучения в вертикальном направлении. При эксцентриситете, равном нулю, имеем круговую рамку. При эксцентриситете, близком к 0,7...0,8 и при соответствующем амплитудно-фазовом соотношении возможно получение заданного уровня излучения в вертикальной плоскости, но только для составляющих электрического поля, лежащих в плоскости рамочного излучателя.

**Литература**

1. А. З. Фрадин Антенно-фидерные устройства / М.: Связь, 1977 — 440 с.
2. В.В. Овсяников Вибраторные антенны с реактивными нагрузками / М.: Радио и связь, 1985. — 120с.
3. Проценко М.Б., Громоздин В.В. Широкодиапазонная малогабаритная антенна с кардиоидной диаграммой направленности // Мат. всероссийской научно-технической конф. «Излучение и рассеяние электромагнитных волн». – Таганрог, Россия. – 18-21 июня 2001. – С. 122-124.
4. Проценко М.Б. Принцип построения широкодиапазонной антенны на основе рамочного излучателя / М.Б. Проценко, Н.И. Мамедов // Матер. Междунар. научн.-техн. конференции «Проблемы современной радиотехники, телевидения и связи», (Баку, 4-6 июня 2007). – Баку, 2007. – С.78-82.
5. М.Б. Проценко, В.В. Громоздин Широкодиапазонная малогабаритная антенна с повышенной направленностью излучения // Радиотехника: Всеук. Межвед. науч.-техн. сб., Харьков, 2002, Вып. 125. — 8–12с.
6. Ю.Н. Новиков Электротехника и электроника. Теория цепей и сигналов, методы анализа: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2005. – 384 с.

**References**

1. A. Z. Fradin Antenna-fidernye ustroystva / M.: Svyaz, 1977.
2. V.V. Ovsyanikov Vibratornye anteny s reaktivnymi nagruzkami / M.: Radio i svyaz', 1985. – 440 s.
3. Protsenko M.B., Gromozdin V.V. Shirokodiapazonnaya malogabaritnaya antenna s kardioidnoy diagrammoy napravlennosti // Mat. vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konf. «Izluchenie i rasseyanie elektromagnitnyih voln». – Taganrog, Rossiya. – 18-21 iyunya 2001. – S. 122-124.
4. Protsenko M.B. Printsip postroeniya shirokodiapazonnoy anteny na osnove ramochnogo izluchatelya / M.B. Protsenko, N.I. Mamedov // Mater. Mezhdunar. nauchn.-tehn. konferentsii «Problemyi sovremennoy radiotekhniki, televideniya i svyazi», (Baku, 4-6 iyunya 2007). – Baku, 2007. – S.78-82.
5. M.B.Protsenko, V.V. Gromozdin Shirokodiapazonnaya malogabaritnaya antenna s povyshennoj napravlenost'yu izlucheniya // Radiotekhnika: Vseuk. Mezhhved. nauch.-tekhn. sb., Har'kov, 2002, Vyp. 125. — 8–12 s.
6. Yu.N. Novikov Elektrotehnika i elektronika. Teoriya tsepey i signalov, metody analiza: Uchebnoe posobie. – SPb.: Piter, 2005. – 384 s.

Рецензія/Peer review : 3.4.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.  
Рецензент

UDC 005.311.2:004.94

P.M. PAVLENKO, V.V. TRETIK

National Aviation University, Kyiv

A.V. TOLBATOV, G.A. SMOLAROV

Sumy National Agrarian University, Sumy

V.A. TOLBATOV

Sumy State University, Sumy

TECHNOLOGY OF ACCEPTANCE OF ADMINISTRATIVE DECISIONS ON THE  
STAGE OF TECHNICAL PREPRODUCTION

**Annotation.** New technology of acceptance of project and productive decisions is offered on the stage of technical preproduction that is based on the use of the integrated informative environment of the modern integrated CASS. Such technology allows to perfect the processes of technical preparation and promote efficiency of administrative decisions on custom-building of wares. In opinion of authors of the article, a successful alternative to the considered approaches is creation of branch integration platforms that combine in itself flexibility and powerful possibilities of universal platforms with the productivity and subject oriented of partial decisions. Understanding it, the developers of software for integration create the certain templates of integration decisions, that are based on universal platforms. However, these templates of integration are accessible only for a limit amount of CASS after a functional and does not solve problem additional cost of introduction and service. Thus, new positions of perfection of processes of technical preparation and operative management of operations must be based on the use the only integrated model of data of machine-building enterprise with the «on order» type of production, that allows effectively to accept project and productive administrative decisions, and also form within the framework of the system a management productive processes three base administrative level: management an enterprise; management of technical preproduction processes; control is after a management. the worked out positions and algorithms of acceptance of administrative decisions on the stages of technical preproduction provide the receipt of data about efficiency of making of wares on ordering from the necessary degree of working out in detail, that allows to estimate efficiency of production of at generally from the point of view of achievement of the put aim.

**Key words:** productive data, integration of data, integrated automated systems, semantic design, integrated data.

П.М. ПАВЛЕНКО, В.В. ТРЕЙТЯК

Національний авіаційний університет, м. Київ

А.В. ТОЛБАТОВ, Г.А. СМОЛЯРОВ

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

В.А. ТОЛБАТОВ

Сумський державний університет, м. Суми

## ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ РІШЕНЬ НА ЕТАПІ ТЕХНІЧНОЇ ПЕРЕВАГИ

**Аноація.** У статті проаналізована нова технологія прийняття проектних та виробничих рішень на етапі технічної підготовки, яка базується на використанні інтегрованого інформаційного середовища сучасного інтегрованого CASS. Така технологія дозволяє вдосконалити процеси технічної підготовки та сприяти ефективності управлінських рішень.

**Ключові слова:** продуктивні дані, інтеграція даних, інтегровані автоматизовані системи, семантичний дизайн, інтегровані дані.

**INTRODUCTION.** An acceptance of effective project and productive decisions in the conditions of operating modern machine-building enterprises is an extraordinarily thorny and at the same time actual problem both for Ukraine and for other post-soviet countries [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. On present tense it exists neither theoretical nor, the anymore, practical decision of automation of informative support of process of acceptance of such decisions by a person that accepts him. principal reasons of absence of methods and corresponding information technologies are:

- it is plenty of input and initial informative streams of data;
- it is absence of the only integrated informative environment on enterprises;
- it is a presence of the various informative systems from different developers and absence them reliable informative integration (CRM-, PDM -, CAD -, ERP – and other systems).

**ANALYSIS OF LITERARY DATA AND RAISING OF PROBLEM.** In future will consider fundamentally the new going near the decision of problem of acceptance of project and productive decisions. The management of technical preproduction (TPP) processes at the level of scientific developments is based on the use of «processes» approach [4]. Classic positions of «processes» approach envisage development of the system of productive processes on the basis of analysis of all types of activity of enterprise. At the same time, process of acceptance of operative project and productive decisions and until now taken to preparation of a few their variants for person that makes decision. It can be chief of department, main designer, main engineer and other. Decision that

he accepts (for to the terms, cost, internals and other) unfortunately very subjective and cannot be examined as optimal [6, 7, 8, 9, 10, 22].

In opinion of authors of the article, a successful alternative to the considered approaches is creation of branch integration platforms that combine in itself flexibility and powerful possibilities of universal platforms with the productivity and subject oriented of partial decisions. Understanding it, the developers of software for integration create the certain templates of integration decisions, that are based on universal platforms. However, these templates of integration are accessible only for a limit amount of CASS after a functional (mainly unproductive spheres, financial) and does not solve problem additional cost of introduction and service.

A research object are processes of integration of informative CASS of the productive setting. The aim of work is presentation of results of researches from the mathematical design of processes of integration of data at the level of development and use of models of semantic nets of productive data on the stages of technical reproduction. For the put aim it was necessary to decide next tasks:

- to work out the mathematical model of integration of productive data;
- to offer the mechanism of integration of CASS of the productive assigning for the stages of technical preparation.

**OBJECT, AIM AND RESEARCH TASKS.** New positions, methods and corresponding information technologies of acceptance of administrative decisions are worked out must it is not simple to provide a management an enterprise in accordance with «processes» approach, but to guarantee that in such transition the key trends of activity of enterprise are observed with maximal efficiency [5]. In an order to define terms in accordance with that new positions of acceptance of administrative decisions will be worked out it is needed to set the weak points of existent «processes» management from the point of view of complication of their use for a machine-building enterprise with the shown type productions.

During the analysis of processes of TPP of base for this research enterprises next defects were set:

1. On the stages of analysis of current activity of enterprise and development of him productive processes possibility of the use of already existent reviewer models of productive processes is not examined, that considerably abbreviates efficiency of the use of sentinels and human capitals on these stages;

2. Working out in detail, with that the models of productive processes are developed "as is", "standard" often it is over loaded. As a result, part of worked out models is not used for the aims of analysis, and for providing of implementation of processes of enterprise;

3. The questions of adjustment of productive processes are not examined after the degree of their influence on efficiency of activity of enterprise. Absent methodologies of increase of efficiency of the basic stages of technical reproduction.

As be reasonable and well-proven, by informative basis for the acceptance of project and productive decisions there must be the only integrated model of data (IMD). The self use of IMD for a machine-building enterprise allows to shorten to time, financial and human resources at introduction of «processes» approach for a management an enterprise. Development of new positions for the processes of acceptance of administrative decisions on a machine-building enterprise will allow to decide the task of effective introduction of «processes» management an enterprise with the type of production «on order» [4, 11].

New positions must provide the special complex of measures sent to the improvement of those stages of technical preparation productions that considerably influence on the operation ability of acceptance of administrative decisions [5]. Effective decisions in area of management of project and productive data of one machine-building enterprise must be presented in a kind suitable for the use other machine-building enterprises (to be typical). Coming from the enumerated terms, new positions on the management of typical machine-building enterprise productive processes with the type of production «on order» it is possible to present in a next kind: 1. The initial models of processes of management of operations for realization of analysis and determination of specific of management of life cycle of good the basic stages are formed on the basis of IMD and existent models of productive processes; 2. Foreground project and productive processes are determined on the basis of criteria of choice of key processes of TPP and operative management of operations. For these processes a method that allows to promote efficiency of their implementation through the reasonable choice of values of "internal" parameters of processes is used; 3. After the worked out models of project and productive processes of TPP development of regulations of corresponding processes, and also development of positions of structural productive subdivisions, comes true. It is necessary for perfection of processes of acceptance of operative administrative decisions taking into account brought in adjustment of project and productive processes;

4. On condition of creation and use of the integrated informative environment of CASS of the productive setting approbation of the worked out algorithms of management the processes of TPP comes true. Efficiency of their use and introduction is determined on the basis of monitoring of key indexes [7, 22].

The basic differences of the offered positions from the existent methods of management of operations are presented on figure 1. Differences are base on that the observance of the new worked out positions allows: 1. To provide formalization, design and working out in detail only of those productive processes that is needed for researches; 2. To analyze activity of enterprise for the decision of next tasks: management of life cycle of good the basic stages; management of enterprise productive processes; acceptance of administrative project and productive decisions; 3. To provide development of improved control system by productive processes and stages of TPP of enterprise on the basis of the use of IMD; 4. To work out the algorithms of processes of acceptance of operative and

reliable administrative project and productive decisions.

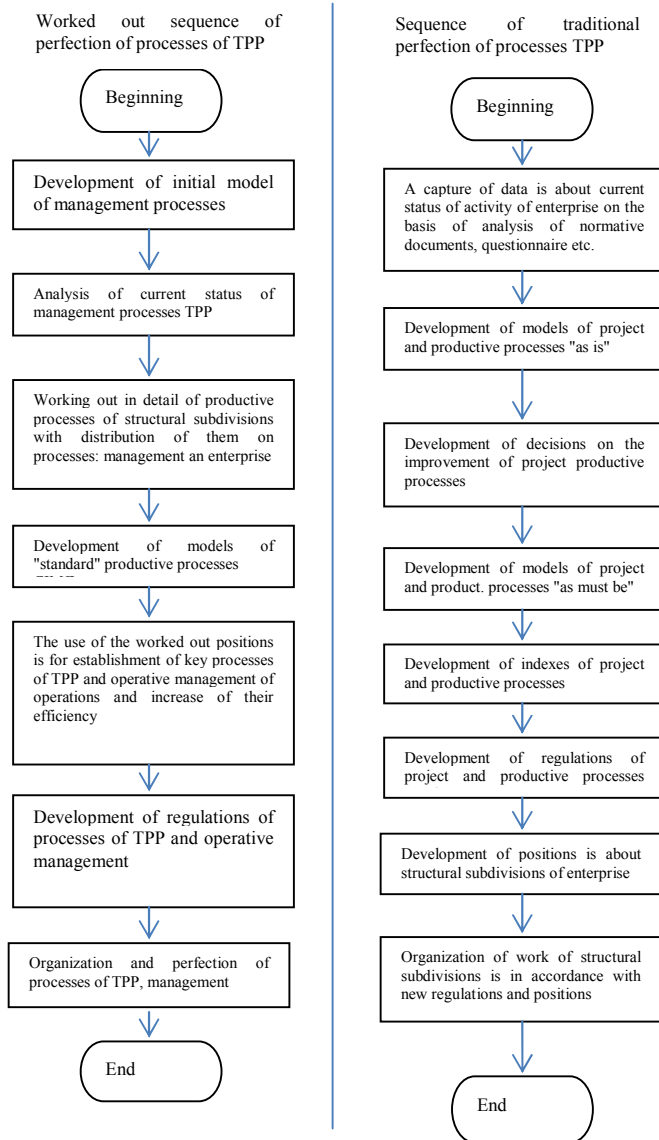


Fig. 1. Algorithms of "traditional" and worked out sequence of perfection of processes of TPP

It is necessary to mark, that the use of these positions needs development of next additional theoretical and practical instruments: only semantic model of project, productive and normatively-certificate data; algorithms of acceptance of administrative decisions on the stages of TPP; the systems of estimation of efficiency of processes of TPP of machine-building enterprise are with the «on order» type of production.

In accordance with positions of «processes» approach it is envisaged at development of «processes» models of the basic stages of life cycle of good of machine-building enterprise, that all types of project and productive processes of TPP must submit to the only rules of management [5].

Traditionally at development of models of productive processes on the stages of TPP of machine-building enterprise it does not a rise up with the small-scale, serial or mass type of production of complications. It is explained by that at the frequent filling of bases given on a personnel, to logistical support and other, only technology of her implementation is determined. To the performers known what resources are needed for implementation of works, it is known also, with whom they must carry out intercommunication. It is set that uniting data and knowledge in semantic models it is possible to create the intellectual informative environment of integrated automated systems of productive setting.

**CONCLUSION.** Thus, new positions of perfection of processes of technical preparation and operative management of operations must be based on the use the only integrated model of data of machine-building enterprise with the «on order» type of production, that allows effectively to accept project and productive administrative decisions, and also form within the framework of the system a management productive processes three base administrative level: management an enterprise; management of technical reproduction processes; control is after a management. the worked out positions and algorithms of acceptance of administrative decisions on the stages of technical reproduction provide the receipt of data about efficiency of making of wares on ordering from the necessary degree of working out in detail, that allows to estimate efficiency of production of at generally

from the point of view of achievement of the put aim.

## References

1. Andrichenko, A., Koptev, A. (2011). Printsipy integratsii PDM-sistem i SAPR tehnologicheskikh protsessov. CAD/CAM/CAE Observer, 8, 8–13.
2. Kul'ga, K. S. (2010). Modeli i metody sozdaniia integrirovanoi informatsionnoi sistemy dlia avtomatizatsii tehnicheckoi podgotovki i upravleniia mashinostroitel'nym proizvodstvom. Ufa: UGATU, 34.
3. Martynov, O. Yu. (2012). Razrabotka metodov i sredstv avtomatizirovannogo upravleniia tehnicheckoi podgotovki proizvodstva naukoemkikh izdelii s tsel'iu povysheniia ih konkurentosposobnosti. Moscow, 32.
4. Barrenechea, M. J., Jenkins, P. T. (2013). Enterprise Productive Information Management: The Next Generation of Enterprise Software. Waterloo, Canada: Open Text, 110.
5. Treityak V.V. Procesna model upravlenya tehnologichnou pidgotovkou virobnyctva v seredovushi integrovanih avtomatizovanyh sistem / V.V. Treityak // Visnek Nacionalnogo tehnicznogo universitetu «HPI». – H.: NTU «HPI» – 2015. – (Seria: Mehaniko-tehnologichni sistemu ta kompleksi) № 49 (1158). – S. 63–67.
6. Tolbatov A.V. Functional modeling – methodological basis for investigation of business processes at industrial enterprises / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, S.V. V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyi, 2017. – №3 –P.132–136.
7. Tolbatov A.V. Information technology for data exchange between production purpose integrated automated systems / P.M. Pavlenko, A.V. Tolbatov, V.V. Tretyak, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.B. Viunetko... // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyi, 2016. – №1 –P.86–89.
8. Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / E. Lavrov, N. Pasko, A. Krivodub, A. Tolbatov // TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 72–75.
9. Tolbatov A. Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity / E. Lavrov, N. Pasko, A. Tolbatov, V. Tolbatov // 2 International Conference on Advanced Information and communication Technologies–2017 (AICT–2017), Lviv, Ukraine, July 4–7, 2017. – P. 83–87.
10. Zaritskiy O. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / O. Zaritskiy, P. Pavlenko, V. Sudic, S. Tolbatov, A. Tolbatov, O. Viunenko, O. Tolbatova, V. Tolbatov // 2 International Conference on Advanced Information and communication Technologies–2017 (AICT–2017), Lviv, Ukraine, July 4–7, 2017. – P. 101–104.
11. Tolbatov A.V. Metodyka pobudovy intehrovanooho informatsiynoho seredovyscha suchasnoho promyslovooho pidpryemstva / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov / Perspektivnyie trendyi razvitiya nauki: tehnika i tehnologii. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2016. – S.82–96.
12. Tolbatov A. Data Representing and Processing in Expert Information System of Professional Activity Analysis / Oleh Zaritskiy, Petro Pavlenko, Andrii Tolbatov // TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 718–720.
13. Tolbatov A.V. Information technology architecture development for work complexity assessment algorithms implementation / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // Modern scientific research and their practical application. – Volume J21410. November 2014. – P. 166-170.
14. Tolbatov A.V. Development concept modeling of business processes of modern industrial enterprises in terms of theoretical and legal approaches to the analysis information security / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyi, 2017. – №1 –S.196–199.
15. Tolbatov A.V. Information technology of the work complexity optimization for metalworking machinery with flexible logic operations' dynamics analysis / S.V. Tolbatov, A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.A. Dobrorodnov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyi, 2014. – №3 (48). – P. 132–135.
16. Tolbatov A.V. Perspektivnyie dostizheniya sovremennyih uchenyih: tehnika i tehnologii: Analiz ta rozrobka kontseptsiyi modelyuvannya biznes-protseviv promyslovooho pidpryemstva z tochky zoru suchasnoyi metodolohiyi analizu ta proektuvannya skladnykh system / [avt.kol.Tolbatov A.V, Tolbatov V.A, Tolbatov S.V, V"yunenko O.B., Tolbatova O.O.]. – Odessa: KUPRYENKO SV, 2017 – 219s.
17. Tolbatov V.A. Orhanizatsiya system enerhozberezhennya na promyslovykh pidpryemstvakh / V.A. Tolbatov, I.L. Lebedyns'kyi, A.V. Tolbatov / – Sumy : SumDU, 2009. – 195 s.
18. Tolbatov V.A. Metodologichni osnovy vy'boru kry'teriyu parametry'chnoyi nadijnosti elektry'chny'x sy'stem upravlinnya metalorizal'ny'm obladnanniam / V.A. Tolbatov, A.V. Tolbatov // Visny'k SumDU. Seriya texn. nauky'.-2010.-№1.-S.37-45.
19. Tolbatov V.A. Inzhenerny'j sy'ntez za kry'teriyem nadijnosti elektry'chny'x sy'stem keruvannya metalorizal'ny'm obladnanniam iz zhorstkoyu logikoyu / V.A. Tolbatov, A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov // Visny'k SumDU. Seriya texn. nauky'.-2011.-№2.-S.48-54.
20. Tolbatov V.A. Tekniko-ekonomichne obrgruntuvannya pobudovy' sy'stem upravlinnya pidvy'shhenoyi nadijnosti // V.A. Tolbatov, A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov // Visny'k SumDU. Seriya texnichni nauky'.-2012.-№3.-S.68-71.
21. Tolbatov A.V. Metodolohiya stvorennya avtomatyzovanykh system keruvannya / A.V. Tolbatov, V.D. Cherv'yakov, T.L. Shcherbak // Visnyk SumDU. Seriya tekhnichni nauky №9(81)' 2005, Sumy, SumDU, 2005. – S. 124–130.
22. Tolbatov A.V. Business processes management at machine-building enterprise / A.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, I.A. Shekhovtsova, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyi, 2017. – №4 –P.119–124.

Рецензія/Peer review : 16.2.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :



ARTEMII VASILYEVICH KROPACHEV

Bell Integrator USA Automation Solution Department Manager, USA, Colorado

DENIS OLEGOVICH ZUEV

Independent Consultant Lead Architect, Network and Cloud USA, Colorado

## MAIN ASPECTS OF THE MODERN INFORMATION SYSTEMS HARDWARE RESOURCES VIRTUALIZATION METHODOLOGY

*Main aspects of peculiarities of the modern information systems hardware resources virtualization were analyzed. It was shown that virtual machines concept provides great opportunity for parallel computing while virtualization technology enables sharing of hardware resources by multiplexing virtual machines on the same server's farm. Analysis has demonstrated that virtualization can be implemented at different operational levels: instruction set architecture level, hardware abstraction level; operating system level; user level API and application level. Depending on that it could be defined classes of virtual machine architecture: hypervisor architecture, host-based virtualization, paravirtualization. It was demonstrated that there are two types of hypervisors: micro-kernel architecture and monolithic hypervisor architecture groups which are proves to be effective and flexible but requires a lot of resources. Host-based virtualization class advantages were shown as installation without modifying the host operation system and various host machine configurations which could be adopted. It was noticed that performance of this architecture is rather low so it usually cannot be adopted. It was also demonstrated that paravirtualization method implies modifying the guest operation system and development special APIs set so virtualization layer can be inserted at different positions in server software. It was analyzed development hardware-assisted virtualization technology and analysis demonstrated virtualization algorithm have to include further virtualization techniques and tools: virtualization technology for directed input/output, virtualization technology for connectivity, interrupt remapping as software capability for rerouting signals sent from peripheral devices, memory management unit and translation lookaside buffer.*

**Keywords:** virtualization level, virtual machine architectures, virtual networking, virtual cluster construction, cloud computing, virtual machine monitor.

АРТЕМИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КРОПАЧЕВ

руководитель департамента решений автоматизации Bell Integrator USA, Колорадо, США

ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ ЗУЕВ

независимый консультант, ведущий архитектор сетей и облачных вычислений, Колорадо США

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ АППАРАТНЫХ РЕСУРСОВ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Проанализированы основные аспекты особенностей виртуализации аппаратных ресурсов информационных систем. Показано, что концепция виртуализации предоставляет большие возможности для параллельных вычислений, позволяя совместно использовать аппаратные ресурсы путем мультиплексирования виртуальных машин на базе серверного парка. Анализ продемонстрировал, что виртуализация может быть реализована на разных операционных уровнях: уровень архитектуры набора команд, уровень абстракции аппаратных средств; уровень операционной системы; API уровень пользователя и уровень приложения. В зависимости от этого могут быть определены классы архитектуры виртуальной машины: архитектура гипервизора, виртуализация на основе хоста, паравиртуализация. Было продемонстрировано, что существуют два типа гипервизоров, которые отличаются параметрами эффективности, адаптивности и ресурсоемкости. Преимущества класса хост-виртуализации включают в себя установку без изменения операционной системы хоста и адаптивность к различным конфигурациям хост-машины. Было отмечено, что производительность этой архитектуры довольно низкая, поэтому зачастую не рассматривают при разработке виртуальной машины. Было также продемонстрировано, что метод паравиртуализации подразумевает модификацию гостевой операционной системы и специальных API-интерфейсов разработки, поэтому уровень виртуализации может быть внедрен на разных уровнях серверного программного обеспечения. Было проанализировано развитие технологии аппаратной виртуализации, анализ показал, что алгоритм виртуализации должен включать дополнительные технологии и средства виртуализации: технология виртуализации связанные с работой процессора, оперативного запоминающего устройства (физические и виртуальные адреса: GVA, GPA, HPA) и устройств ввода-вывода (функциональные узлы контроля памяти MMU и оптимизации TLB).*

**Ключевые слова:** уровень виртуализации, архитектура виртуальных машин, виртуальные сети, виртуальные кластеры, облачные вычисления, монитор виртуальной машины.

### 1. Introduction

Virtual machines (VMs) concept provides a great opportunity for parallel and distributed computing. Virtualization paradigm technology enables sharing of hardware and software resources by multiplexing VMs on the same servers farm of hardware hosts. A traditional server farm uses host operating system which should be used in accordance for its hardware architecture, but after virtualization procedure it is became to run different user applications managed by their own operating systems (OS) on the same server farm. Most simple model of virtualization implies additional software implementation which for virtualization layer, known as virtual machine monitor (VMM) or hypervisor [1, 2]. VM uses virtualized hardware resources (CPU, RAM, cash-memory, data storage, graphics card and input-output components). Thereby, software layer virtualizes the physical hardware of a server farm into virtual resources of the VMs which can be implemented at different operational levels [1-4] such as:

- instruction set architecture (ISA) level;
- hardware abstraction level;

- operating system level;
- user level API (library level);
- application level.

At the instruction set architecture level, virtualization could be performed by emulation of ISA. It brings possibility to run larger amount of program code for various processors types on limited host hardware resources. The emulation method has to be based on code interpretation. The algorithm should interpret the source instructions to get target instructions and for each source instruction it could several target instructions to perform its function. So the main disadvantage of this operational level is complex algorithm which requires a lot of time. To solve this problem dynamic binary translation was developed. This algorithm translates basic blocks of dynamic source instructions to target instructions. According to the method basic blocks can also be extended to group of blocks in order to increase translation efficiency. It should be mentioned that instruction set emulation requires further development of binary translation and optimization.

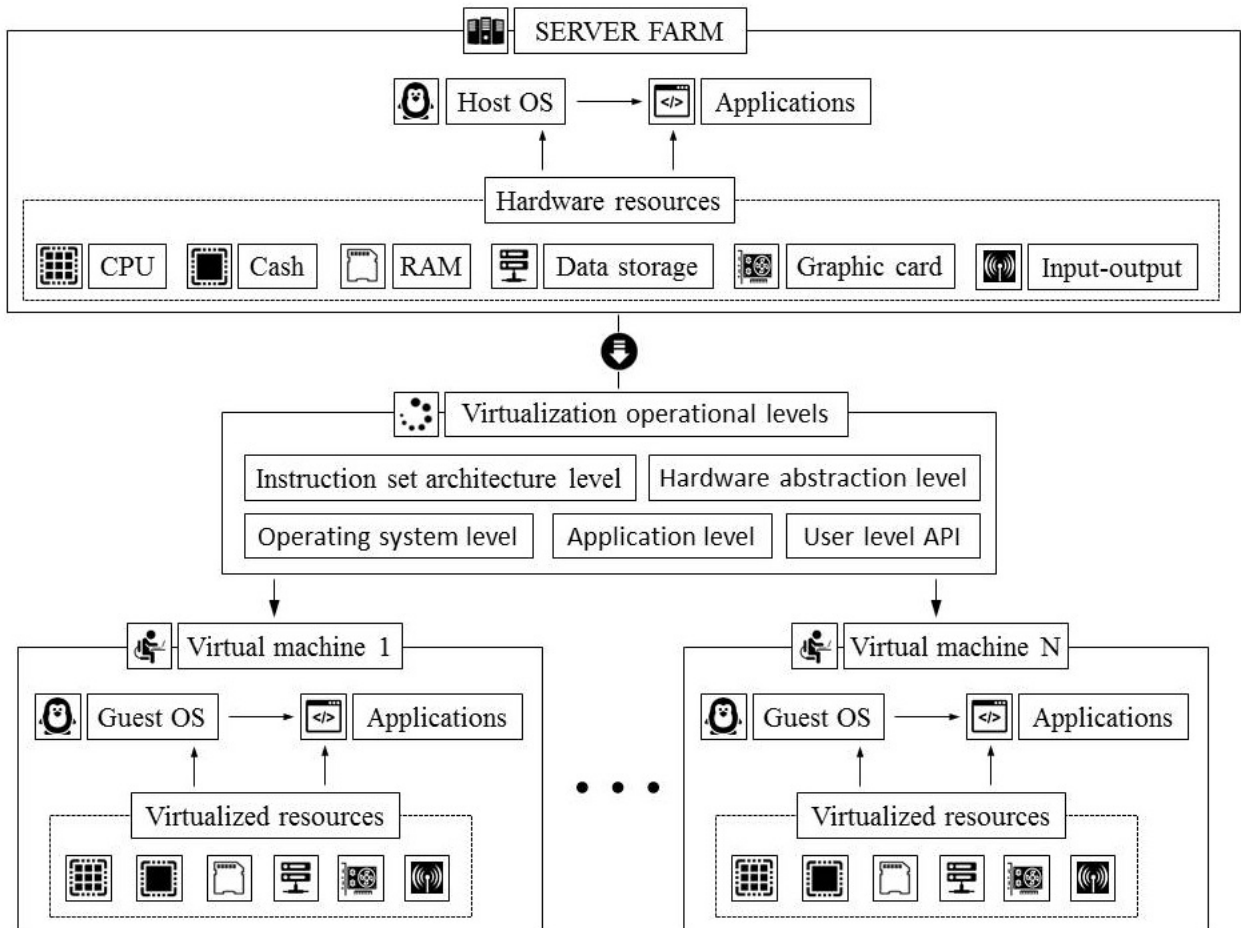


Fig. 1. Basic algorithm of information system hardware resources virtualization process

Hardware abstraction level virtualization is performed to the hardware resources of server farm. This method allows to generate a virtual hardware environment for a VM and to manage hardware resource through virtualization. Up to it the goal is to upgrade the hardware utilization rate by multiple users concurrently. Operating system level refers to an abstraction layer which lay between traditional OS and user applications. It creates isolated platform on physical servers that operates like real servers. Operating system level virtualization is often used in creating virtual hosting environments to divide hardware resources among a big number of users. Library support (API) level was designed in order to use APIs exported libraries rather than using system calls by the OS. Nowadays most systems provide APIs which are documented good enough so this operational level becomes a popular one. Library interface virtualization is possible by controlling the communication link between applications and the system through API hooks. User application level virtualization naturally implies virtualization of application as a VM. Application usually works as a process so application level virtualization is could be called process level virtualization. According to this method virtualization layer work with application program and operating system, thus layer exports an abstraction of a VM that can run programs compiled to a abstract machine definition. Main benefit of the conception implementation is a simplification of application distribution and removal from user workstations.

## 2. Virtualization tools and mechanisms

As it was mentioned above there are five levels of virtualization which could be used in development of classes of VM architecture. It should be noticed that before virtualization OS manages the hardware, while after virtualization layer should be inserted between the hardware and the OS. Operational layer of virtualization converts hardware resources into virtual hardware, thereby different user OS can run on the same physical platform, simultaneously. Depending on the virtualization layer, there are must be defined further classes of VM architectures:

- hypervisor architecture;
- host-based virtualization;
- paravirtualization.

The hypervisor supports hardware-level virtualization and functions directly between the physical hardware and its OS, providing hypercalls for the guest OS and applications (Fig. 2). Hypervisors are usually to be divided into micro-kernel architecture and monolithic hypervisor architecture groups, depending on its functionality. A micro-kernel hypervisor includes basic functions (memory management and processor scheduling) while monolithic hypervisor architecture type implies also work with changeable components like devices drivers. Therefore, micro-kernel hypervisor code is smaller but monolithic hypervisor proves to be more effective and flexible.

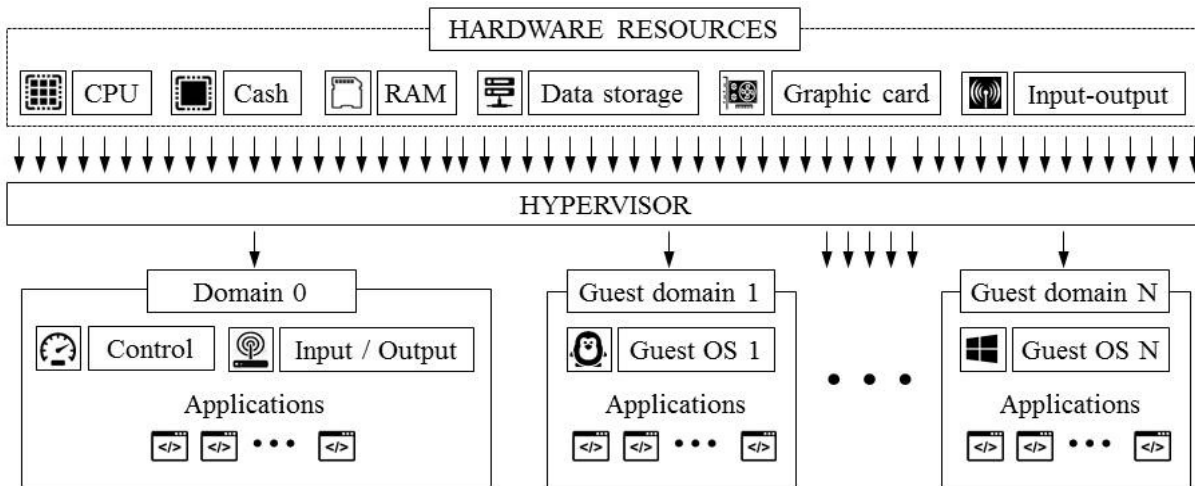


Fig. 2. Hypervisor-type virtual machine architecture

Host-based virtualization implies installation of virtualization layer on top of the host OS which is responsible for managing the hardware while guest OS should be installed on top of the virtualization layer and user applications will run on the VMs (Fig. 3). This architecture class has further advantages:

- installation this VM architecture without modifying the host OS, it simplify VM design and its deployment;
- host-based method appeals to various host machine configurations.

But it should be noticed that host-based while architecture has high flexibility, its performance is too low to be widely used.

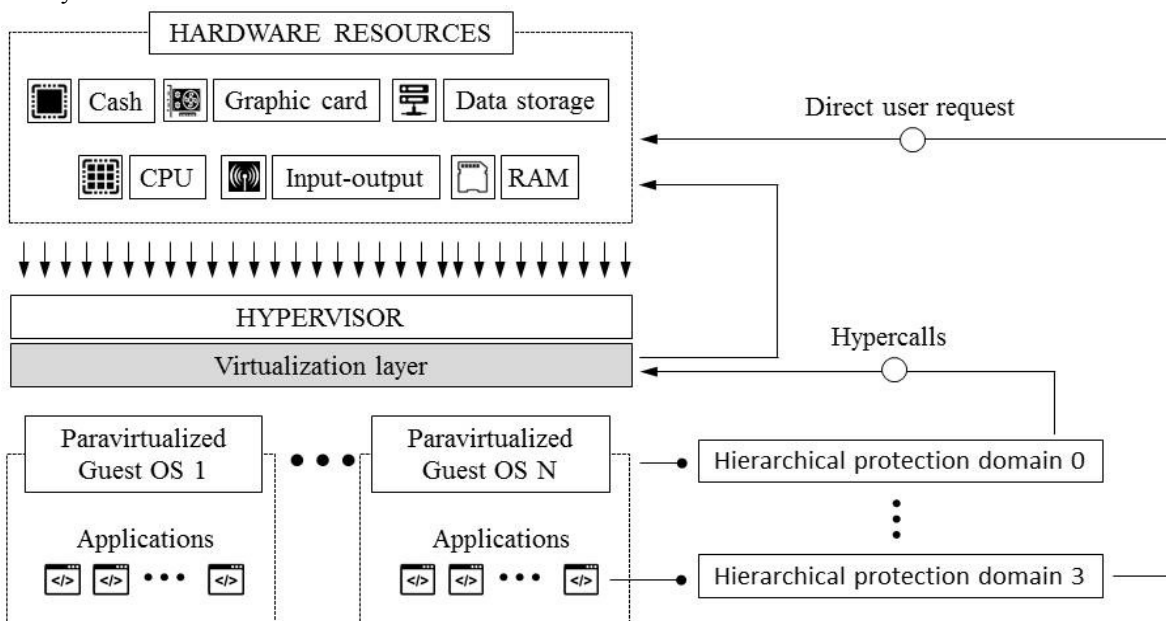


Fig. 3. Paravirtualized VM architecture, which implies modification of the guest OS

Paravirtualization method implies modifying the guest OS while it provides special APIs. Thereby performance decrease is a main problem of paravirtualization. The virtualization layer can be inserted at different positions in server software set. Performance could be improved by modifying only the guest OS. Figure 3 shows paravirtualized VM architecture where the guest OS are paravirtualized. This process must be assisted by compiler which replaces the OS instructions that cannot be virtualized by hypercalls. It should be noticed that lower the hierarchical protection domain (protection ring) number has to be associated with higher privilege of instruction to be executed. The OS manages the hardware and the instructions at domain 0, while user-level applications run at domain 3. It's important to mention that virtualized OS cannot on the hardware directly.

**3. Hardware support for virtualization paradigm**

To implement servers' hardware virtualization paradigm were developed hardware-assisted virtualization technology which included special running mode and instructions for x86 class Intel and AMD CPU. Hypervisor platform and guest OS should use different modes which are switchable on hardware level. This approach allowed to run multiple processes simultaneously. For system protection from crash all processors uses at least two modes (user mode and supervisor mode) which has to ensure controlled access of critical hardware. Instructions of supervisor mode are privileged ones, while other instructions are unprivileged ones [8, 9].

Figure 4 shows scheme of full virtualization techniques. For processor virtualization, there were used VT-x or VT-i techniques.

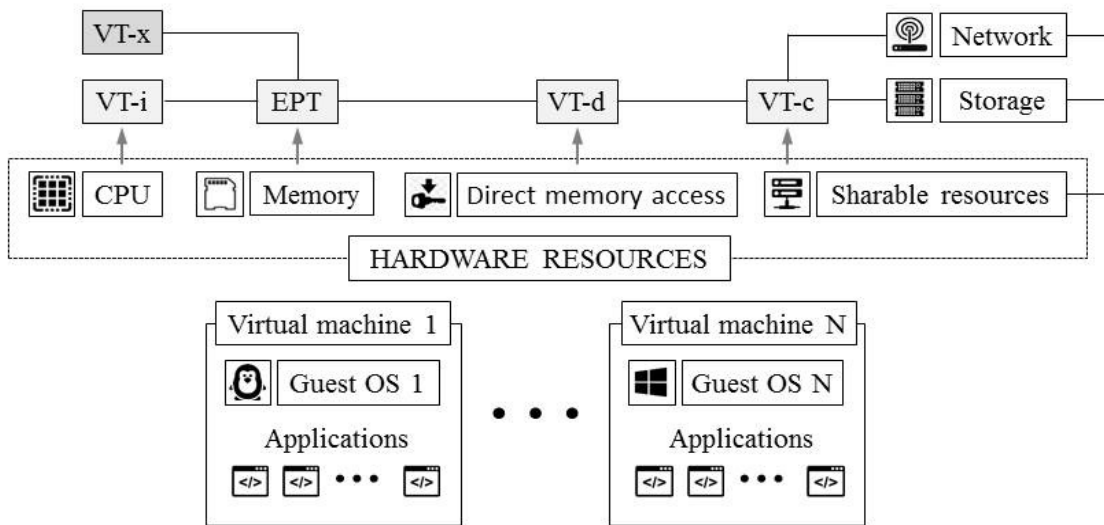


Fig. 4. Model of Intel hardware support for platform virtualization

VT-x adds a privileged mode and special processors' instructions. It was proposed for memory virtualization to use extended page tables (EPT), which allows to translate the virtual address to the machine's physical addresses for higher performance. For I/O virtualization was implemented virtualization technology for directed input/output VT-d, virtualization technology for connectivity VT-c and interrupt remapping as software capability for rerouting signals sent from peripheral devices (Fig. 5).

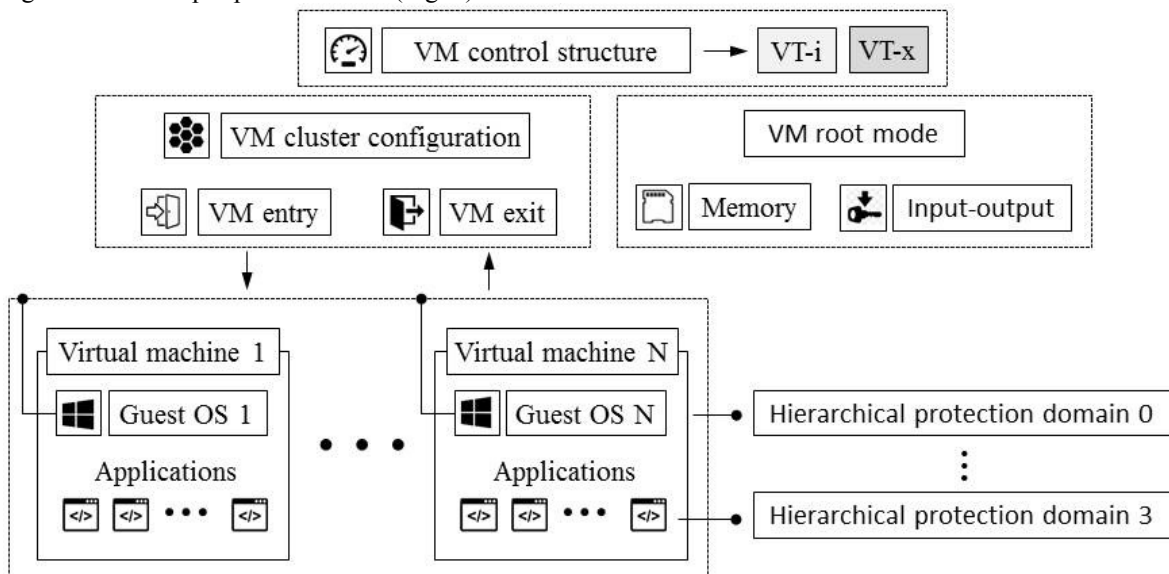


Fig. 5. Model of Intel hardware-assisted CPU virtualization

It's well known that x86 processors are not virtualizable primarily but Intel and AMD took great effort is taken to virtualize them. VT-x technology demonstrates hardware assisted virtualization class. Start and stop of a VM lifecycle and allocation of memory page is maintained by implementation of additional set. Hardware assisted virtualization model shows high efficiency but main problem to solve is still problem of binary translation performing. Paravirtualization systems often use a hybrid approach, so some tasks are loaded to the hardware, while other ones should be done in software environment.

Memory virtualization algorithm also includes special virtualization technique and to observe it we should define further terms:

- guest virtual addresses (GVA) as a virtual memory address of a process in guest OS;
- guest physical addresses (GPA) as a physical memory address in guest OS;
- host physical address (HPA) as a physical memory address of the host machine;
- memory management unit (MMU);
- translation lookaside buffer (TLB) as a tool used to optimize virtual memory performance.

Traditionally OS maintains mappings of virtual memory to machine memory by page tables (so called one-stage mapping). Modern x86 CPUs operates with MMU and TLB to optimize virtual memory performance. But virtual memory virtualization also involves sharing the physical system memory to allocate it to the physical memory of the VM components. In this case two-stage mapping process is to be used:

1. virtual memory to physical memory sharing;
2. physical memory to machine memory sharing.

MMU virtualization must be also supported as transparent to the guest OS process. The guest OS has to control the mapping of virtual addresses to the physical memory of VM but has no access the actual machine memory.

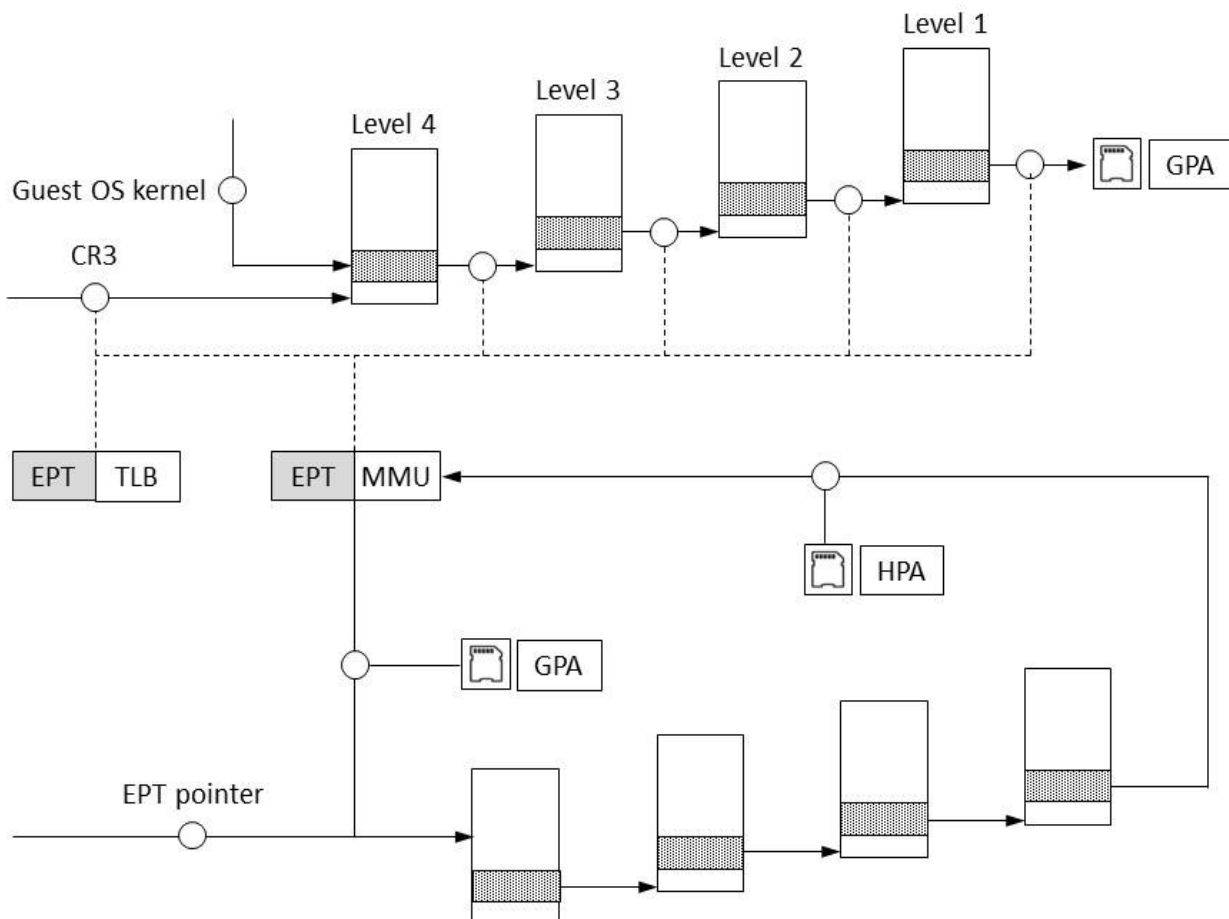


Fig. 6. Model of memory virtualization scheme using EPT

Hardware virtualization based EPT technique is shown at Figure 6. Up to the scheme page tables of the guest OS and EPT should have four levels. When a virtual address has to be translated, the CPU will start from level 4 page table pointed to by Guest CR3 register and converts the Guest CR3 GPA to the HPA. CPU checks the EPT TLB to find translation and if there is no translation CPU will look for it in the EPT. If there are no translations in the EPT, an EPT violation exception will run. At the next stage CPU should calculate the GPA of the level 3 page table by using the GVA and the content of the level 4 page table. If it will find a page fault, the CPU should generate a

page fault interrupt and then guest OS kernel will handle the interrupt. When the PGA of the level 3 page table is obtained, the CPU should look for the EPT to find the HPA of the level 3 page table and continue the procedure in same way.

### Conclusions

Peculiarities of the modern information systems hardware resources virtualization were analyzed. It was shown that virtual machines concept provides opportunity for parallel computing, virtualization technology enables sharing of hardware resources by multiplexing virtual machines on the same server's farm. Software layer virtualizes the information system hardware into virtual resources which can be implemented at different operational levels: instruction set architecture level, hardware abstraction level; operating system level; user level API and application level. Depending on the virtualization layer, there are could be defined classes of virtual machine architecture: hypervisor architecture, host-based virtualization, paravirtualization. It was demonstrated that hypervisors should be divided into micro-kernel architecture and monolithic hypervisor architecture groups which are proves to be effective and flexible but requires a lot of resources. Host-based virtualization class advantages were shown, there are: installation without modifying the host operation system and various host machine configurations which could be adopted. But it was noticed that performance of this architecture is rather low. It was also demonstrated that paravirtualization method implies modifying the guest operation system and development special APIs set so virtualization layer can be inserted at different positions in server software. It was analyzed development hardware-assisted virtualization technology in order to implement servers' hardware virtualization paradigm. Analysis demonstrated virtualization algorithm includes special virtualization techniques and tools such as virtualization technology for directed input/output, virtualization technology for connectivity, interrupt remapping as software capability for rerouting signals sent from peripheral devices, memory management unit and translation lookaside buffer.

### References

1. Meyer, S., Martini, N., & Witt, N. (2014) Virtualization: Analysis of different virtual machine solutions 128 p.
2. Kusnetzky, D. (2011). Virtualization: A managers guide. Sebastopol, CA: O'Reilly.
3. Papazoglou, M. (2012). Web services & SOA: Principles and technology. Essex, England: Pearson Education.
4. Cherkaoui, O., & Menon, R. (2014). Virtualization, Cloud, SDN, and SDDC in Data Centers. Data Center Handbook, 389-400. doi:10.1002/9781118937563.ch20
5. Nikolskiy, A. V., & Vasil'Ev, Y. S. (2015). Formal model of cyber attacks on virtualization tools and a measure of hypervisor vulnerability. Automatic Control and Computer Sciences, 49(8), 751-757. doi:10.3103/s014641161508012x
6. Elaffendi, M. A., & Alamudy, A. L. (2017). Could Virtualization be the Ultimate Solution for IoT Resource Constrained Devices Problem? A Multilevel Security Framework Based on Device Virtualization. 2017 International Conference on Computer and Applications (ICCA). doi:10.1109/comapp.2017.8079750
7. Wang, X., Sun, Y., Luo, Y., Wang, Z., Li, Y., Zhang, B., . . . Li, X. (2010). Dynamic memory paravirtualization transparent to guest OS. Science China Information Sciences, 53(1), 77-88. doi:10.1007/s11432-010-0008-x
8. Index. (2016). Intel Xeon Phi Processor High Performance Programming, 623-632. doi:10.1016/b978-0-12-809194-4.09985-3
9. Hamburger, V. (2016). Building VMware Software-Defined Data Centers. Birmingham: Packt Publishing.

Рецензія/Peer review : 11.1.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

**DENIS OLEGOVICH ZUEV**

Independent Consultant Lead Arcitect, Network and Cloud USA, Colorado

**ARTEMII VASILYEVICH KROPACHEV**

Bell Integrator USA Automation Solution Department Manager USA, Colorado

**ALEKSEY YEVGENYEVICH USOV**

Technical Architect Russian Govt Insurance Russia, Moscow

**DMITRII NIKOLAEVICH MOSTOVSHCHIKOV**

Bell Integrator Russia, Moscow System Installation Solutions Department Manager

## ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS SECURITY ALGORITHMS BASED ON CLUSTERING METHODS

Possible ways of application of clustering algorithms in the security of network and information systems area were considered. Information systems network transparency support, hardware resources release development and clustering security algorithms procedures were discussed. It was shown that cyber-defense systems are often slow down network service performance so it's necessary to develop algorithms which would not create extra overheads. Generally intrusion detection model was analyzed as system which includes functional blocks of misuse intrusion detection and anomaly intrusion detection. Most common and convenient similarity metric systems to use at modern network clustering algorithms were discussed. It was analyzed how to use in the area of clustering algorithms development Minkowski Distance, City Block Distance and Mahalanobis Distance metrics'. Hierarchal, partitional, density-based and grid-based algorithms of data clustering were proposed and analyzed. It was shown that most effective hierarchal clustering algorithms are BIRCH, CURE and ROCK, most effective partitional clustering algorithms are K-Means; CLARA and CLARANS as version of CLARA, most effective density-based clustering algorithms are DBSCAN, DBCLASD, GDBSCAN DENCLUE and OPTICS, while most effective grid-based clustering algorithms are STING, CLIQUE, GRIDCLUS, Wave Cluster and OptiGrid. It was mentioned that main benefits of hierarchical clustering methods are flexibility in adaptation of any metrics systems type of attribute and possibility to work with undefined set of data which is very useful in order to work with nowadays scalable network services. It was shown that range of application of clustering algorithms is based on amount of data to be analyzed and hardware resources of platform. An algorithms based on each clustering method that is proved to be most effective was demonstrated. A mathematical model for determining the efficiency of security strategy based on clustering algorithms was build and discussed.

**Keywords:** network security, information system, clustering method, hierarchal algorithm, partitional algorithm, density-based algorithm, grid-based algorithm.

**ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ ЗУЕВ**

независимый консультант, ведущий архитектор сетей и облачных вычислений США, Колорадо,

**АРТЕМИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КРОПАЧЕВ**

руководитель департамента решений автоматизации Bell Integrator USA США, Колорадо,

**АЛЕКСЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ УСОВ**

технический архитектор ПАО СК "Росгосстрах" Россия, Москва,

**ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ МОСТОВЩИКОВ**

руководитель отдела решений системной инсталляции Bell Integrator Россия, Москва

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА МЕТОДАХ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Рассмотрены возможные способы применения алгоритмов кластеризации в области безопасности сетей и информационных систем. Изучены процедуры обеспечения прозрачности сетевого трафика, освобождения аппаратных мощностей и разработки кластеризационных защитных алгоритмов. Было показано, что системы киберзащиты зачастую снижают производительность сетевых сервисов, поэтому необходимо разработать алгоритмы, которые будут оказывать минимальное влияние на распределение аппаратных ресурсов. Рассмотрена базовая модель обнаружения несанкционированного внедрения как система, которая включает в себя функциональные элементы определения внутренней атаки и атаки произведенной извне. Изучены наиболее распространенные и удобные метрические системы определения сходства объектов, которые могут быть использованы в современных алгоритмах кластеризации сетевых ресурсов. Проанализировано, как использовать в области разработки алгоритмов кластеризации метрику Минковского, Городских Кварталов и Махаланобиса. Предложены и проанализированы иерархические, разделяющие, плотностные и грид-алгоритмы кластеризации данных. Было показано, что наиболее эффективными иерархическими алгоритмами кластеризации являются BIRCH, CURE и ROCK, наиболее эффективными разделяющими алгоритмами кластеризации являются K-Means; CLARA и CLARANS как версия CLARA, наиболее эффективными плотностными алгоритмами кластеризации являются DBSCAN, DBCLASD, GDBSCAN DENCLUE и OPTICS, в то время как наиболее эффективными грид-алгоритмами кластеризации являются STING, CLIQUE, GRIDCLUS, Wave Cluster и OptiGrid. Отмечено, что основными преимуществами иерархических методов кластеризации являются гибкость в адаптации, а также возможность работы с неопределенным набором данных, что очень важно для работы с современными масштабируемыми сетевыми сервисами. Предложены методы кластеризации больших наборов данных, отмечено, что область применения алгоритмов кластеризации зависит количестве анализируемых объектов и аппаратных ресурсов платформы. Была построена и проанализирована математическая модель для определения эффективности построения алгоритмов обеспечения кибер-безопасности сетевых сервисов.

**Ключевые слова:** сетевая безопасность, метод кластеризации, алгоритм иерархической кластеризации, алгоритм частичной кластеризации, алгоритм плотностной кластеризации, алгоритм грид-кластеризации.



**Introduction.** Clustering is an unsupervised summarization technique of gathering similar objects into groups (clusters). The similarity among objects has to be determined through parameter called metrics. Information systems' (IS) developers use clustering methods to optimize hardware and software environment by components sorting. Application of clustering algorithms for support of IS security includes following procedures [1-4]:

- IS network transparency support;
- IS hardware resources release;
- development of clustering security algorithms.

As it shown at Fig. 1 support of the network processes transparency (i.e. classification of all allowed processes) helps to clarify IS security policies, sorting of hardware environment components optimizes IS infrastructure allowing to release some resources for security platform and, finally, clustering methods could be directly used in cyber-defense algorithms.

Generally intrusion detection system (IDS) model includes two functional blocks:

- misuse intrusion detection (MID);
- anomaly intrusion detection (AID).

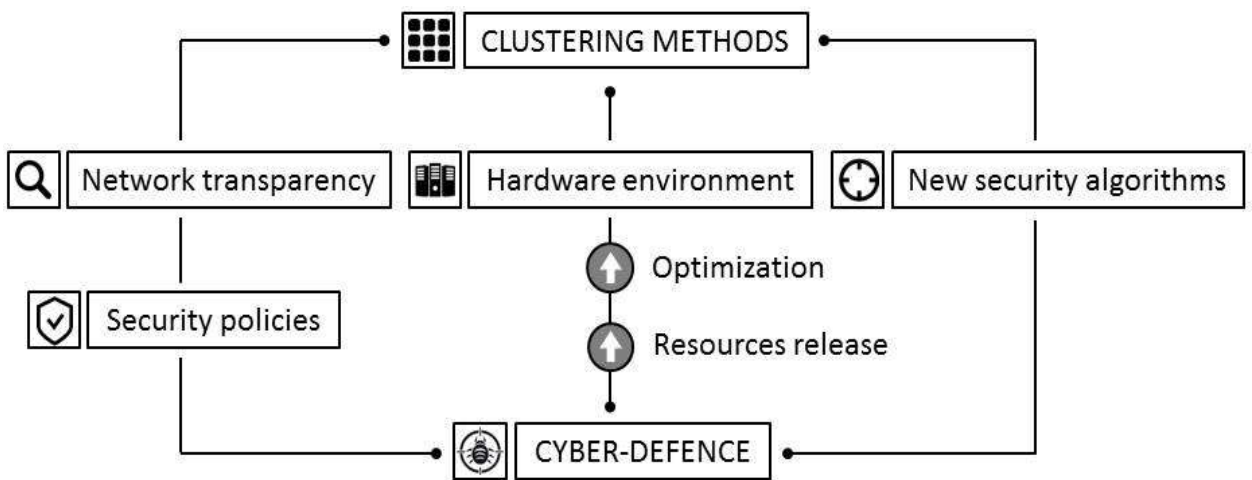


Fig. 1. Application of clustering algorithms for support of IS security

Effective detection of MID-class treats is all to accurate security policies development while detection of AID caused by global network activity is often a nontrivial task. Major part of cyber-treats could be detected by active monitoring tools. Clustering algorithms are usually to be used at the stage of passive monitoring, specifically during data mining process.

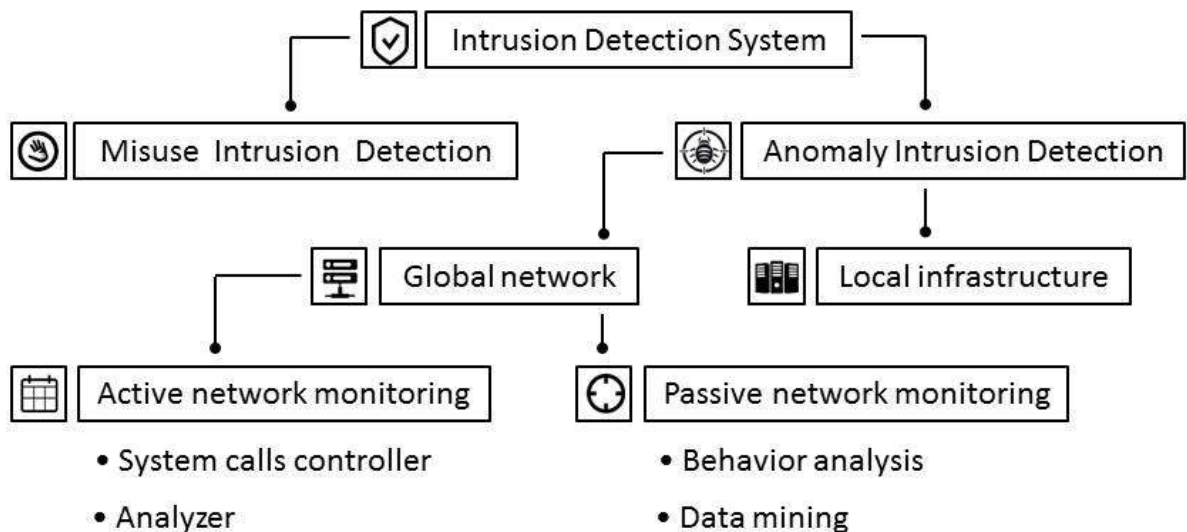


Fig. 2. Basic components of intrusion detection system

It should be noticed that development of indirect as well as direct methods of security system which is based on clustering algorithms requires deep understanding of clustering methodology.

**1. Clustering methodology.** As it was noticed clustering algorithm are based on metrics which determined similarity among objects. Let's analyze similarity among objects  $x_{il}$  and  $x_{jl}$  which could be characterized by  $d$  set of parameters ( $l \in [1; d]$ ):

$$\begin{cases} x_{il} = (x_{i1} \dots x_{id}) \\ x_{jl} = (x_{j1} \dots x_{jd}) \end{cases} \quad (1)$$

Similarity among  $x_{il}$  and  $x_{jl}$  could be defined by distance value  $D_{ij}$  which is obtained by mathematical equations of chosen metrics. In the area IT researchers usually adopt following metrics' systems (Fig. 3):

- Minkowski Distance;
- Manhattan or City Block Distance;
- Mahalanobis Distance.

It should be mentioned that for Minkowski Distance equation researchers often set value  $n = 2$  which corresponds to Euclidean Distance (Fig. 3).

As for clustering of categorical data similarity measure will be different. For two categorical data points  $x_{il}$  and  $x_{jl}$  with  $l$  attributes it will be calculated as follows:

$$D(x_{il}, y_{il}) = \sum_{i=1}^d \delta(x_{il}, y_{il}), \quad (2)$$

where  $\delta(x_{il}, y_{il})$  could be obtained as:

$$\delta(x_{il}, y_{il}) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_{il} = y_{il} \\ 0 & \text{if } x_{il} \neq y_{il} \end{cases} \quad (3)$$

Of course there are more complicated similarity measures; however, explained metric systems are most common and convenient ones to use at modern network clustering algorithms.

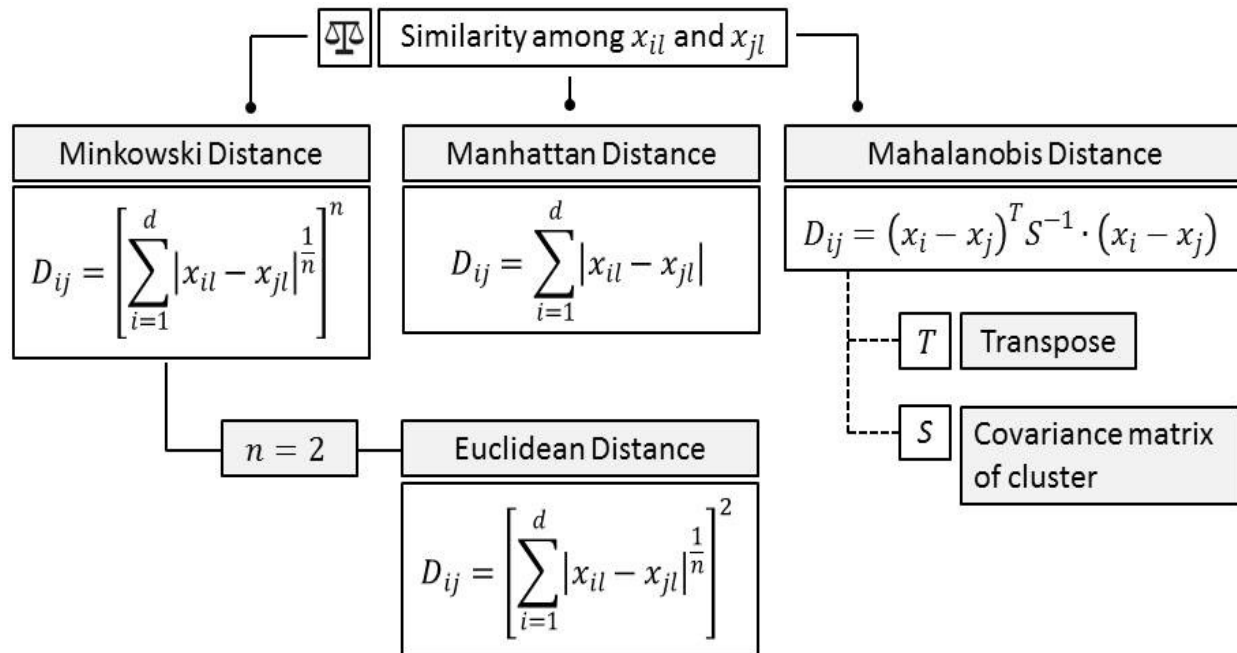


Fig. 3. Determination of similarity among objects by the metrics systems

Another important stage of clustering algorithm design is selection of clustering method. There are five groups of method to be used for clustering of network data [5-7]:

- hierarchical clustering;

- partitioning clustering;
- density-based clustering;
- grid-based clustering;

Selection of the method allows to determine type of data to be used in clusters, clusters shape, number of clusters and maximal size of data set to be clustered.

**2. Clustering algorithms.** Hierarchical clustering is a method that implies building of tree-structure of clusters where each cluster is represented as a node. This method is based on similarity measure (distance) and sort nearby objects (or nearby clusters, group of clusters, etc.) into a group. Hierarchical clustering algorithms form two major groups:

- bottom up (divisive);
- top down (agglomerative).

Bottom up hierarchical clustering starts from the cluster of entire data set (called “root”) which should be divided into partitions up to the minimal cluster (called “leaves”). Top down hierarchical clustering, in other hands, starts from the elementary data elements (leaves). Set of these elements which should be formed into the clusters and the groups of clusters until entire data set cluster (root) will be formed (Fig. 4).

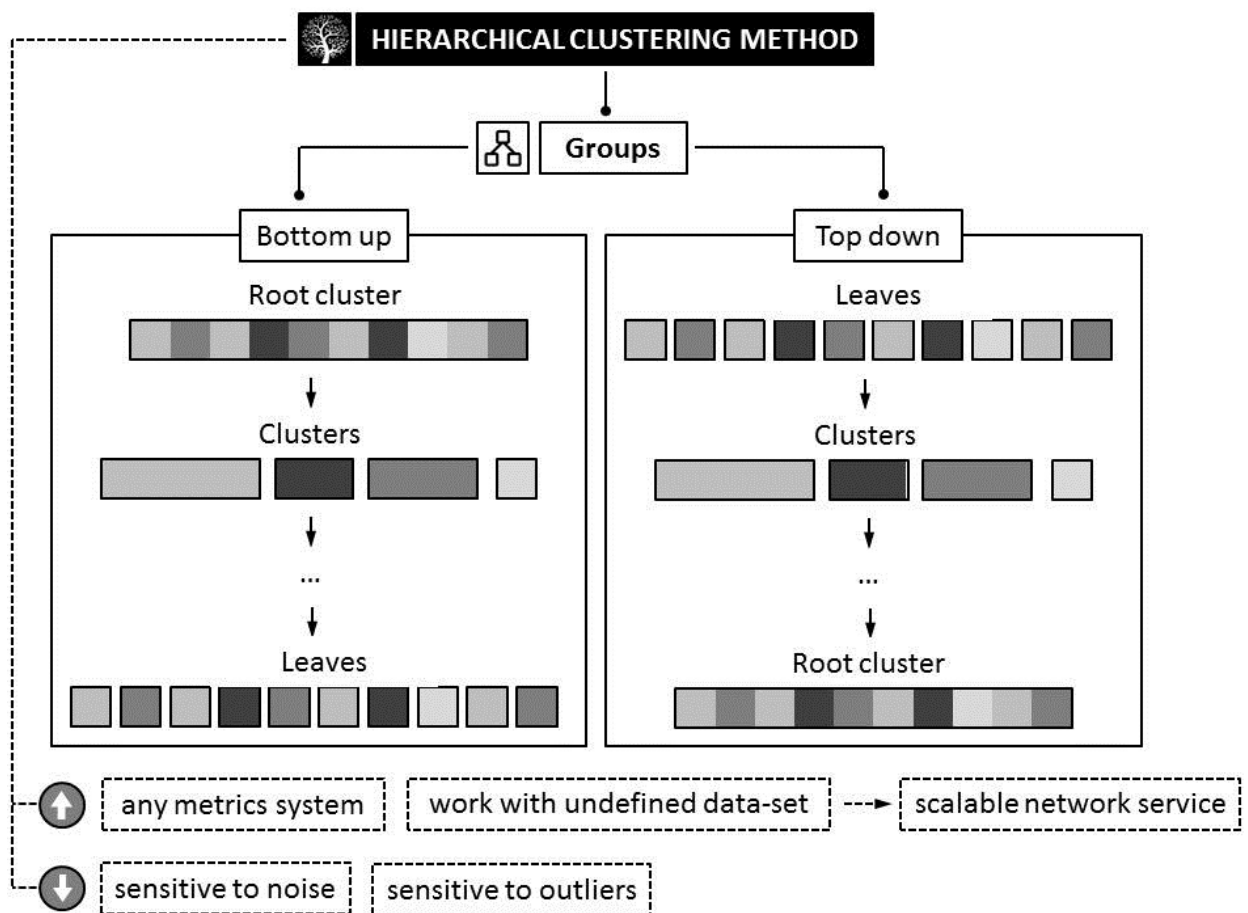


Fig. 4. Diagram of hierarchical clustering method

Main benefits of hierarchical clustering method are flexibility in adaptation of any metrics systems type of attribute and possibility to work with undefined set of data which is typical for nowadays scalable network services. In other hand, this method of clustering is very sensitive to noise and outliers, often incapable to correct misclassification and has no clear termination criterion. Thus modern hierarchal clustering algorithms should be able to cover mentioned disadvantages. Algorithms from this group that was proved to be most effective (Fig. 5) are:

- BIRCH (Balanced Iterative Reducing and Clustering Using Hierarchies);
- CURE (Clustering Using REpresentatives);
- ROCK (RObust Clustering using linKs)

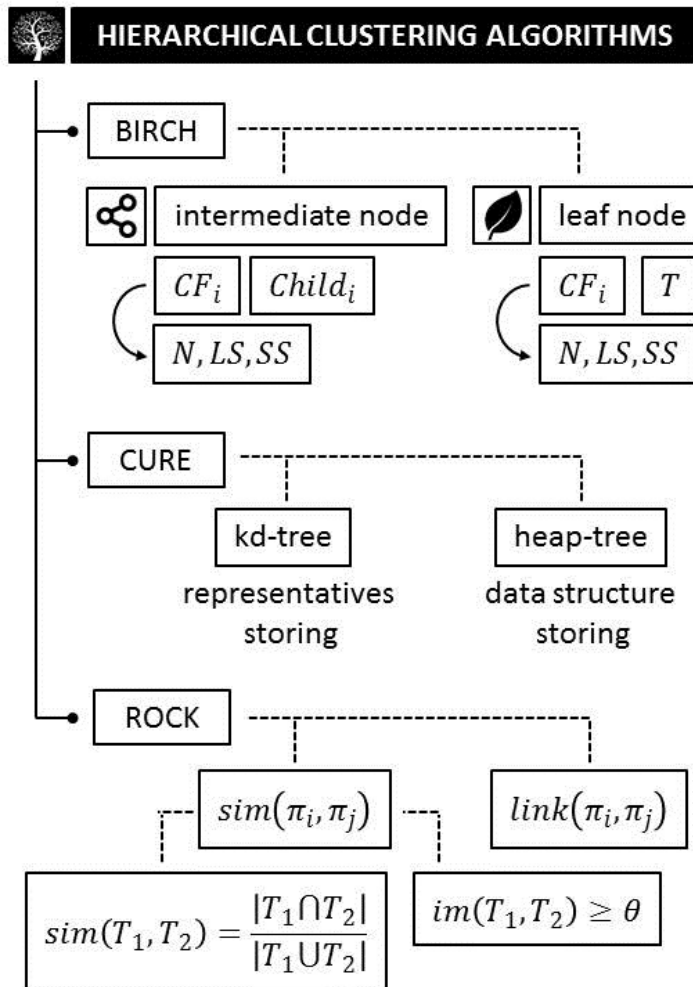


Fig. 5. Diagram of hierarchical clustering algorithms

BIRCH is an unsupervised data mining algorithm used to large data-sets. Major benefit of BIRCH-algorithm is incrementally and dynamically clustering of incoming data. It allows to get high quality of clustering and hardware resources consuming due to time constraints. BIRCH makes clustering decisions without scanning the whole data-set; it handles sparse area as outliers and removes them. The algorithm has a clustering feature tree structure (CFT-structure) with leaves and intermediate nodes characterized by entries. The number of entries must be constrained by parameters  $B$  (maximum number of intermediate node entries) and  $L$  (maximum number of leaf node entries). Entry of intermediate node could be defined as

$$\begin{cases} E_i = [CF_i, Ch_i] \\ CF_i \in (N, LS, SS) \end{cases} \quad (4)$$

where  $CF_i$  is cluster data-points a summary information,  $Ch_i$  is a pointer to  $i^{th}$  child node,  $N$  is the number of data-points in a cluster,  $LS$  is the linear sum of the  $N$  data-points in a cluster and  $SS$  is the square sum of the  $N$  data-points in a cluster. Obviously entry of leaf node can be defined in a similar way:

$$\begin{cases} E_i = [CF_i, T] \\ T \in [1; T_{max}] \end{cases} \quad (5)$$

where  $T$  is number of the leaves (inversely proportional quantity to height of the tree).

Algorithm CURE is very stable to outliers while it works with arbitrary-shape (e.g. non-convex) clusters. It's build to work with large data-sets with random sampling and partitioning procedures. First samples of data-sets in CURE-algorithm are to be chosen randomly and have to be partitioned to  $K$  equal partitions. To simplify the procedures first partitions could be clustered by BIRCH-algorithms. The algorithm ends with assigning label to each data points corresponding to distance from representatives. Thus, CURE-algorithm includes two data structures:

- kd-tree for representatives storing;
- heap-tree clusters for data structure storing.

The time complexity of the algorithms depends both on the number of sampling data and the number of partitions.

ROCK is an agglomerative hierarchical clustering algorithm that clusters data points similar to CURE-algorithm; however ROCK uses links instead of distance measure. ROCK also handles outliers and proved to be highly effective with very large data sets processing.

There are two similarities metrics to be used in ROCK to enable accurate merging and clustering of data points.

- $sim(\pi_i, \pi_j)$  as similarity measure to consider neighbors of a point;
- $link(\pi_i, \pi_j)$  to define the number of common neighbors between  $\pi_i$  and  $\pi_j$ .

$sim(\pi_i, \pi_j)$  could be defined as follow:

$$\begin{cases} sim(T_1, T_2) = \frac{|T_1 \cap T_2|}{|T_1 \cup T_2|} \\ sim(T_1, T_2) \geq \theta \\ 0 \leq \theta \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

where  $|T_1|$  and  $|T_2|$  are numbers of items in the transactions  $T_1$  and  $T_2$ ;  $\theta$  is user-specified parameter based on closeness which shows if there are any similarity between transactions ( $\theta = 0$  if any pair of transactions can be neighbors and  $\theta = 1$  if only identical transactions can be considered as neighbors). The number of links between points indicates the probability whether data points are presented in a same cluster.

Partitioning clustering method includes partitioning data-set into  $k$  groups with  $n$  objects. Objective function of this method is minimizing square error function which is not effective for large data-sets due to high complexity of computation. Partitioning algorithms that are most widely used in IS are follows:

- K-Means;
- CLARA(Clustering LARge Applications);
- CLARANS(Clustering Large Applications based upon Randomized Search).

K-Means algorithm divides data objects into  $k$  partitions in order to assign objects to the nearest cluster centers. Value of  $k$ , cluster initialization and metric could be defined by researcher. K-means main goal is minimizing the within-cluster sum of square. It should be classified as a greedy algorithm with time complexity  $O(N, T, k)$  where  $N$  is the number of objects and  $T$  is the number of algorithm iterations. K-means algorithm is scalable and could be used for clustering of large data-sets, but numbers of clusters in this case are needed to be defined. Practical issues also demonstrate K-means limitations at processing of outliers. CLARA algorithm could be considered as next level of PAM-algorithm (Partitioning Around Medoid) designed to solve problem of work with large data-sets. It has same as PAM time complexity of  $O(k(n - k)^2)$ . CLARANS is an advanced version of CLARA as for efficiency and scalability.

In Density-based algorithms, clusters are created based on highly dens areas over the remainder areas and the sparse area are classified as noise or border area. In this way, they can deal with outliers and non-convex shape clusters. Some of the mostly used density-based algorithms for large data-sets are follows:

- DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise);
- DBCLASD (Distribution Based Clustering of Large Spatial Databases);
- GDBSCAN (Generalized Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise);
- DENCLUE (DENsity-based CLUstEring);
- OPTICS (Ordering Points To Identify the Clustering Structure).

DBSCAN algorithm clusters data-set in order reachability parameter. Data point directly density-reachable from another point if this is not far away than a given by user distance, so minimum number of points would be critical factors to generate a cluster. DBCLASD uses a uniform distribution of data points in a cluster. In this case nearest neighbor distance is a key parameter of cluster forming. This algorithm does not require loading the whole data-set while building a cluster so it's practical to use in network services. GDBSCAN is an improved version of DBSCAN. This algorithm changes the definition of neighborhood by binary predicate which is symmetric and reflexive, so GDBSCAN can define a neighborhood like intersect predicate. DENCLUE is based on  $h$  influence function. Sum of influence functions are calculated to obtain local maxima of the overall density function for defining of clusters, so algorithm is stable against noise and outliers. OPTICS is an algorithm for finding density-based clusters similar to DBSCAN. OPTICS-algorithm was designed to DBSCAN's main problem of detection of meaningful clusters in variable density data-set.

Grid-based clustering method is based on generation of finite number of cells by dividing data space and forming of grid structure. Major benefit of this algorithms is high velocity since they are dependent not on the number of data objects but on the number of cells. Basic grid-based clustering includes construction of grid structure

of non-overlapping cells, computing cells' density, sorting of the cells by the density value and identifying cluster centers. Mostly effective grid-based algorithms are follows:

- STING (Statistical Information Grid-based clustering);
- CLIQUE (Clustering in QUES);
- GRIDCLUS;
- Wave Cluster;
- OptiGrid.

STING-algorithm clusters data-set into rectangular cells and forms hierarchical tree. It summaries data and store statistical information in each cell. Time complexity relies on number of grid cells at the lowest level. WAVECLUSTER transforms data-set into a frequency domain to find a dense area in it, so clusters with different resolutions and scales could be obtained. The computational complexity of WAVECLUSTER depends on number of objects in the data-set. GRIDCLUS neighbor search algorithm includes insertion of points into the grid structure, computing of density indices, sorting the blocks up to their density, identification of cluster centers, and traversal of neighbor clusters. OptiGrid algorithm is applied for high dimensional data-sets. It divides the whole data-set recursively into different subsets to find optimal grid partitioning. CLIQUE identifies subsets of a high dimensional data-set to achieve better clustering than original set. To find dense regions in a subset, each dimension is divided into equal intervals and area of high density should be found when the number of data points in this area exceeds threshold value defined by user.

**3. Cyber-defense of information system based on clustering algorithms.** To construct the model of IS cyber-defense platform; let's consider  $P$  as a set that includes all possible variants of the program code that can work in IS,  $c \in C$  is the code to be analyzed, and  $v \in C$  is a malware code. The definition of the cyber-attack can be defined as follows:

$$f(v_i) = f(c_i), \tag{7}$$

where  $f(v_i)$  та  $f(c_i)$  are functions of program code behavior defined by security policies, active monitoring and data mining (Fig. 6).

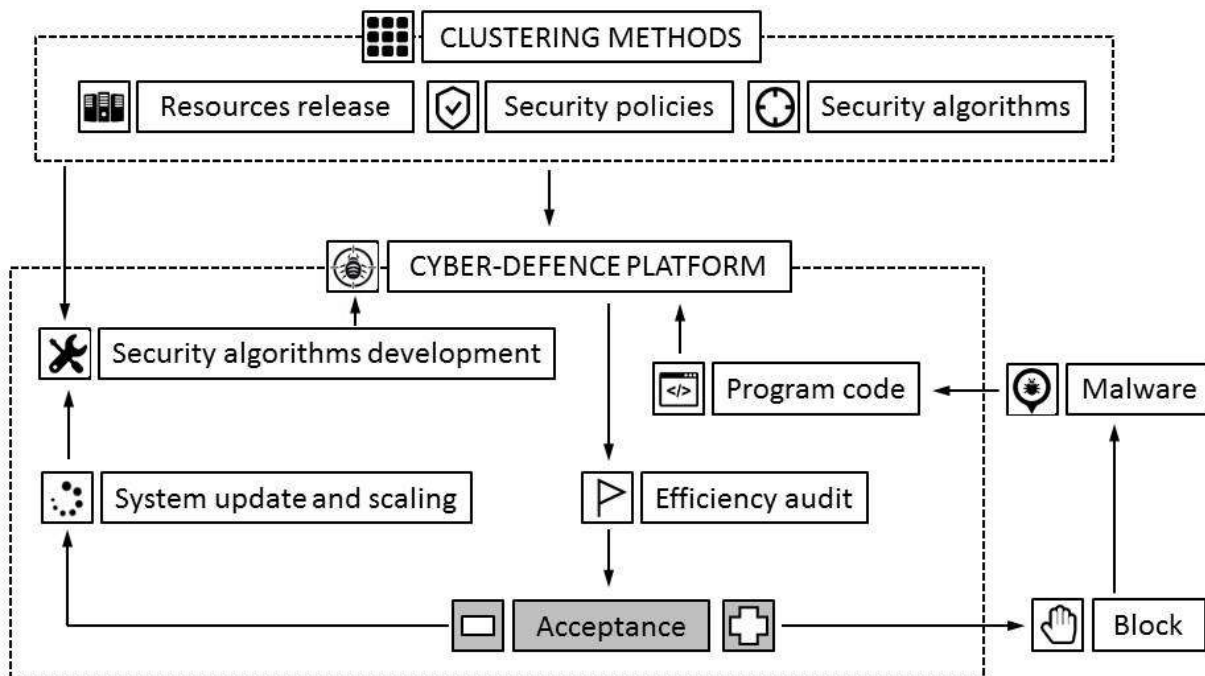


Fig. 6. Model of information system cyber-defense platform based on clustering algorithms

To define time interval  $\Delta t = \tau_1 - \tau_0$  cyber-attack probability we should use integral function  $T(v, c_i, a, t, s)$  which will define behavior of virus code  $v$  at IS  $s$  under constraints of additional factors  $a$ :



$$T(v, c_i, e, t, s) = \log \frac{\int_{\tau_0}^{\tau_1} f(v, a, t, s) dt}{\int_{\tau_0}^{\tau_1} c(p_i, a, t, s) dt} \quad (8)$$

Thus, equation

$$T(v, c_i, e, t, s) \rightarrow 0 \quad (9)$$

could serve as an effective criterion of cyber-attack during  $\Delta t$  interval.

Proposed mathematical model provides the methodology for development of cyber-defense platform based on clustering algorithms.

**Conclusions.** There were considered methodology of application of clustering methods in the algorithms of cyber-security of network infrastructure and information systems. It was shown that cyber-defense methods should not significantly slow down network service performance and it's necessary to develop algorithms which do not create extra overheads. Hierarchal, partitional, density-based and grid-based algorithms of data clustering were proposed and analyzed. It was shown that range of application of clustering algorithms is based on amount of data to be analyzed and hardware resources of platform. A mathematical model for determining the efficiency of security strategy based on clustering methods was build and discussed.

### References

1. Y. Mo, T. Kim, K. Brancik, D. Dickinson, H. Lee, A. Perrig, and B. Sinopol, "Cyber-physical security of a smart grid infrastructure," Proceedings of the IEEE, vol. 100, no. 1, pp. 195-209, January 2012.
2. Q. Yang, J. Yang, W. Yu, D. An, N. Zhang, and W. Zhao, "On false data-injection attacks against power system state estimation: Modeling and countermeasures," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 25, no. 3, pp. 717 - 729, March 2014.
3. L. L. an M. Esmalifalak, Q. Ding, V. Emesih, and Z. Han, "Detecting false data injection attacks on power grid by sparse optimization," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 5, pp. 612 - 621, March 2014.
4. Peters, Wende. "Integrated Adaptive Cyber Defense." Proceedings of the 2015 Workshop on Automated Decision Making for Active Cyber Defense - SafeConfig 15, 2015, doi:10.1145/2809826.2809827.
5. Dumitras, Tudor. "Understanding the Vulnerability Lifecycle for Risk Assessment and Defense Against Sophisticated Cyber Attacks." Advances in Information Security Cyber Warfare, 2015, pp. 265–285., doi:10.1007/978-3-319-14039-1\_13.
6. Xu, Guandong, et al. Applied data mining. CRC Press, 2013.
7. Gan, Guojun, et al. Data clustering: theory, algorithms, and applications. SIAM, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2007.

Рецензія/Peer review : 28.1.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :



А.П ГНЕННИЙ,

НТУ України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Ю.Г. ГОРДІЄНКО

НТУ України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

## ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ЯК ГОЛОВНИЙ ЧИННИК ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА СУЧАСНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

*Анотація. У якості головного чинника впровадження ІТ-технологій на сучасному підприємстві розглядається Інтернет речей. Інтернет речей – одна з найпопулярніших концепцій в сучасній футурології. Визначено принципи використання технології ІоТ на громадському підприємстві. Зазначається, що ІоТ є більш важливим, ніж просто додавання підключення до існуючих продуктів або послуг, мова йде про зміну способу доставки цінності продуктів та послуг. У процесі продукти стають сервісами, а послуги стають все більш розумними. Рішення, побудовані згідно цієї концепції, масштабуються від звичайних побутових пристроїв, до цілих "розумних" міст. Визначено складові екосистеми, необхідні для реалізації Інтернету Речей, наведено перелік спеціалізованих стандартів, що використовуються для передачі даних між "розумними" пристроями: eMTC (enhanced Machine-Type Communication), EC-GSM-IoT (Extended Coverage – GSM – Internet of Things) та NB-IoT (Narrowband IoT). Проведено типізацію ІоТ-проектів в залежності від типу комунікації пристроїв (масові і критичні), вказано основні вимоги до характеристик пристроїв відповідно до кожного типу ІоТ-проекту. Основною вимогою до рішень на основі масової комунікації пристроїв є висока енергоефективність. Частина проектів для цього типу комунікації на даний момент реалізуються на основі GSM-мереж, але більшість рішень побудовані на основі інфраструктури LTE. Для рішень на основі критичної машинної комунікації необхідна ультранизька затримка передачі сигналу (менше 5 мсек) і надвисока надійність мережі. Ціль впровадження Інтернету Речей - автоматизація процесів аж до повного виключення участі людини. Споживачі можуть використовувати Інтернет Речей для управління мікрокліматом приміщень, управління автомобільними технологіями (замками, навігаторами, GPS), управління холодильним обладнанням, управління освітленням, управління захистом. Згідно досліджень, до 2022 року кількість пристроїв, задіяних в ІоТ, досягне 18 мільярдів пристроїв.*

*Ключові слова. ІТ-технології, Інтернет речей, сервіс, мережа, енергоефективні мікропроцесорні пристрої.*

А.Р. HNENNYI,

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Y.H. HORDIENKO

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

## INTERNET OF THINGS AS THE MAIN FACTOR OF INTRODUCING IT TECHNOLOGY IN THE MODERN COMPANY

*Annotation. The Internet of things is considered as the main factor of it-technologies introduction at the modern enterprise. Internet of things is one of the most popular concepts in modern futurology. The principles of using IoT technology in a public enterprise are defined. It is noted that IoT is more important than just adding connectivity to existing products or services, it is about changing the way the value of products and services is delivered. In the process, products become services, and services become more intelligent. Solutions built according to this concept are scaled from ordinary household devices to entire "smart" cities. The components of ecosystems necessary for the implementation of the Internet of Things are determined, the list of specialized standards used for data transmission between "smart" devices is specified: eMTC (enhanced Machine-Type Communication), EC-GSM-IoT (Extended Coverage - GSM - Internet of Things) and NB-IoT (Narrowband IoT). Typization of IoT projects depending on the type of device communication (mass and critical), the basic requirements to the characteristics of devices according to each type of IoT project are specified. The main requirement for solutions based on mass communication devices is high energy efficiency. Part of the projects for this type of communication are currently being implemented on the basis of GSM networks, but most of the solutions are built on the basis of LTE infrastructure. For solutions based on critical machine communications, ultra-low signal delay (less than 5 msec) and ultra-high reliability of the network are required. The purpose of the introduction of the Internet of Things - automation of processes up to the complete exclusion of human participation. Consumers can use the Internet of Things for premises microclimate management, automotive technologies (locks, navigators, GPS) management, refrigeration equipment management, lighting control, protection management. According to researches, by 2022, the number of devices involved in the IoT will reach 18 billion devices.*

*Keyword. It technologies, Internet of things, service, network, energy-efficient microprocessor devices.*

**Вступ.** На сьогоднішній день однією з найбільш обговорюваних концепцій в галузі комп'ютерних та інформаційних технологій є концепція «Інтернету речей». Вважається, що ця технологія – «the next big thing», тобто наступна революційна технологія, яка радикально змінить наш спосіб життя. Дана концепція вперше була сформульована Кевіном Ештоном – засновником видавничої групи Auto-ID при Массачусетському технологічному інституті в 1999 році.

Важливість і актуальність технології настільки очевидна країнам, що розвиваються, що з 2009 року Єврокомісія підтримує і допомагає організувати щорічну конференцію «Internet of Things», на якій

депутати Європарламенту та єврокомісари, європейські чиновники і керівники найбільших технологічних компаній Європи, вчені великих університетів представляють свої доповіді.

Відповідно до даної концепції кожен пристрій, яким користується людина повинен виходити в мережу Інтернет за допомогою енергоефективних мікропроцесорних пристроїв. Це дозволяє дати пристроям і мережам, що складається з них, безліч властивостей, якими вони раніше не володіли. Наприклад, можливість управляти і отримувати від них дані в реальному часі, збільшувати ефективність технологічних процесів за рахунок ефективної комунікації, усувати людський фактор в деяких аспектах виробничої діяльності.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сьогодні спостерігається стрімкий розвиток сучасних досліджень у сфері Інтернету речей. До найбільш актуальних публікацій варто віднести роботу В.М. Петрової, О.В. Куриленка, О.В. Фуртата [1], які розкрили нову концепцію Інтернету Речей (ІР), в якій число користувачів вимірюватиметься одиницями і десятками трильйонів. У основі клієнтської бази ІР лежать речі (пристрої, прилади, бази даних і так далі). Розглянуті фундаментальні характеристики концепції ІР і протоколи для мереж ІР.

Із зарубіжних вчених варто відзначити роботи Van Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M. [2], Li Y., Hou M., Liu H., Liu Y. [3], Tan L., Wang N. [4], Jia X., Feng O., Fan T., Lei Q. [5].

Проте, незважаючи на масштабність наукових досліджень питання вивчення Інтернету речей, як головного чинника впровадження ІТ-технологій на сучасному підприємстві залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

**Мета дослідження.** Головною метою даного дослідження є вивчення Інтернету речей, як головного чинника впровадження ІТ-технологій на сучасному підприємстві.

**Основна частина дослідження.** Ідею Інтернету речей (Internet of things - IoT) високотехнологічні компанії та експерти обговорюють вже протягом багатьох десятиліть, і перший підключений до Інтернету тостер був представлений на конференції ще в 1989 році. За своєю суттю, IoT простий: мова йде про підключення пристроїв через Інтернет, дозволяючи їм спілкуватися з користувачами, додатками і один з одним. Популярним прикладом є смарт-холодильник. IoT, однак, ширший, ніж розумні будинки і підключені пристрої. Він масштабується до інтелектуальних міст – підключаючи світлофори через відстеження трафіка, або смарт-контейнери, які сигналізують, коли вони повинні бути очищені – і промисловості, з підключених до всього датчиків, від відстеження посилок до моніторингу сільськогосподарських угідь.

IoT важливий тому, що об'єкт, який може представити себе в цифровому вигляді, стає чимось більшим, ніж об'єкт сам по собі. В той же час, Інтернет речей є складною концепцією, щоб визначити її точно. IoT описує світ, де все, що завгодно, може бути підключене і спілкуватися в інтелегентній манері. Іншими словами, з Інтернетом речей фізичний світ стає однією великою інформаційною системою. Всі дані і автоматизоване їх використання є більш ефективним, а це означає, що буде споживатися менше енергії.

У більш широкому масштабі IoT може бути застосований до таких речей, як транспортні мережі "розумних міст", що допоможе зменшити кількість відходів і підвищити ефективність, наприклад, використання енергії; він допомагає зрозуміти і поліпшити, якість життя (Рис. 1).



Рис. 1 “Розумний світ”

Інтернет речей – одна з найпопулярніших концепцій в сучасній футурології. І більш того, одна з тих небагатьох, що вже перестають бути концепціями і втілюються в життя.

Згідно з найбільш поширеним формулюванням, інтернет речей – це концепція обчислювальної мережі фізичних предметів (тобто власне, речей), які оснащені технологіями для взаємодії один з одним.

Концепція передбачає, що Інтернет речей здатний серйозно вплинути на розвиток сучасного суспільства, оскільки дозволить багатьом процесам відбуватися без участі людини.

Інтернет речей (Internet of Things, скорочено IoT) – це глобальна мережа підключених до Інтернету фізичних пристроїв – «речей», оснащених сенсорами, датчиками і пристроями передачі інформації. Ці пристрої об'єднані за допомогою підключення до центрів контролю, управління і обробки інформації.

В окремих напрямках IoT, мабуть, виділилося в середині 2000 року, коли кількість пристроїв, підключених до всесвітньої павутини, перевищила число користувачів.

За даними Ericsson Mobility Report, сьогодні в світі налічується більше 16 млрд підключених пристроїв. До 2022 року – це число досягне 29 млрд, і 18 з яких будуть пристроями світу IoT.

Інтернет речей об'єднує реальні речі в віртуальні системи, здатні вирішувати абсолютно різні завдання. Ключова ідея концепції – з'єднати між собою всі об'єкти, які можна з'єднати, підключити до мережі, і за рахунок цього отримати синергію, щось на зразок « $2+2=5$ ».

Для реалізації IoT необхідна екосистема, яка включала б у себе «розумні речі» – різні пристрої, оснащені датчиками; мережу доступу і передачі інформації (мобільну або фіксовану – не важливо); а також платформи для управління мережею, пристроями і додатками. Пазл не складеться за відсутності хоча б одного із зазначених компонентів.

Для передачі даних від «розумних» пристроїв сьогодні існує кілька спеціалізованих стандартів. Стандарт eMTC (enhanced Machine-Type Communication) розгортається на основі мобільних мереж LTE, а EC-GSM-IoT (Extended Coverage – GSM – Internet of Things) працює поверх мережі GSM. Але найбільш популярний – стандарт NB-IoT (Narrowband IoT). Його особливість полягає в тому, що він може бути розгорнутий, як в мережах GSM або LTE, так і незалежно, окремою мережею.

Умовно можна розділити всі IoT-проекти на дві групи в залежності від типу комунікації пристроїв: масові (Massive MTC) і критичні (Critical MTC). Перед кожним типом стоять свої завдання, і кожен з них має свої вимоги до мережі. Масові IoT-проекти – це «розумні» будинки, лічильники, рішення для відстеження вантажоперевезень або сільського господарства тощо.

Такі рішення передбачають передачу невеликої кількості даних від величезної кількості сенсорів. Також ці рішення характеризуються некритичністю гарантованої передачі-отримання інформації. Якщо один раз з якої-небудь причини інформацію з лічильника не отримали – нічого страшного, оскільки дані будуть оновлені під час наступного сеансу передачі.

Основні вимоги тут – низька вартість пристроїв і їх мінімальне енергоспоживання. Частково такі проекти можуть бути реалізовані на основі GSM-мереж, але більшість дійсно масових рішень побудовані на основі інфраструктури LTE.

Що стосується рішень на основі «критичної» машинної комунікації, у них абсолютно інші запити. Насамперед – це ультранизька затримка передачі сигналу (менше 5 мсек) і надвисока надійність мережі.

Інтернет речей значно трансформує особисті та соціальні аспекти життя, а також бізнес і навіть цілі галузі. Також ця технологія має потенціал вирішити деякі глобальні проблеми сучасності.

У житті людей стане менше місця для побутових проблем, а значить – більше часу можна буде приділяти сім'ї, творчості, хобі. Підключені до Інтернету пристрої також дадуть людям більше можливостей для раціонального управління ресурсами. Вже сьогодні вони допомагають оптимально витратити тепло, воду, світло і економити на оплаті комунальних послуг.

Важливо відзначити, що зміниться не тільки життя окремих людей, а й цілих індустрій. Однією з найбільш схильних до змін галузей, мабуть, буде телеком, оскільки мобільні оператори потроху будуть змінювати свої бізнес-моделі від провайдерів мережі до провайдерів «розумних» сервісів і додатків.

Для реалізації багатьох сценаріїв використання IoT необхідне впровадження мереж 5G. Мережі п'ятого покоління дозволять знизити затримки, одночасно підтримувати величезну кількість підключень, продовжити службу «розумних» пристроїв до 10 років, а також домогтися неймовірних за нинішніми мірками швидкостей мобільної передачі даних.

Особливість 5G в тому, що в рамках однієї мережі буде одночасно підтримуватися робота додатків і пристроїв з широким спектром характеристик. Це досягається завдяки «сегментації» мережі на фрагменти, кожен з яких призначений для певних потреб.

Розвиток ринку буде залежати від безлічі факторів, але абсолютно точно всім учасникам цього процесу доведеться змінюватися набагато швидше, ніж це відбувається сьогодні.

Глобальне підключення змінює все. Бізнесмени та споживачі починають використовувати Інтернет речей для всього – починаючи від домашніх гаражних пристроїв для відкриття дверей до програм для розумних міст, які вирішують завантаженість трафіку та зменшують злочинність.



Рис. 2 Використання технології IoT на громадському підприємстві

Але IoT є більш важливим, ніж просто додавання підключення до існуючих продуктів або послуг. Насправді мова йде про зміну способу доставки цінності продуктів та послуг. У процесі продукти стають сервісами, а послуги стають все більш розумними.

IoT: контроль температури

Багато підприємств вже використовують IoT для керування термостатами.

Перемикаючи підключений термостат, підприємства можуть регулювати температуру в приміщенні. Підключений термостат скорочує кошти на охолодження та нагрівання приміщень. Це також зменшує ймовірність псування першого враження від кімнати з непривабливою і непридатною для проживання температурою.

Можна й далі вдосконалювати опалення та охолодження. Якщо підприємства об'єднують термостат з іншими датчиками, кондиціонер може автоматично вимикатись. Інша можливість полягає в тому, щоб використовувати автоматизоване покриття вікна, яке може зменшити коливання температури через сонячне світло. Час доби або температурні датчики можуть активізувати ці коригування навколишнього середовища.

Дзвінки з IoT

Телефон теж готовий до заміни. Одна велика можливість: використовувати динамік телефону для сповіщення. Наприклад, якщо звучить пожежна тривога, підприємство може надати інструкції або інформацію за допомогою системи сповіщення. Переговорний пристрій може бути корисним і в інших випадках.

Розпізнавання дотику пальця

Деякі підприємства, такі як готель Hilton, експериментують з підключенням дверних замків через Bluetooth. Таким чином гість зможе використовувати свій смартфон як ключ. Проте даний підхід сумнівним, адже подорож – це вже випробування для батареї смартфона. Власники смартфонів використовують їх як посадковий талон, для програм таксі, онлайн-читання та навігації, тому приїхати в готель з ввімкненим телефоном – велика удача.

Кращим підходом є будка для самостійної реєстрації, схожа на ті, що пропонують авіакомпанії. Додаток для смартфонів може відігравати певну роль, але окремий ключ з будки став би кращим рішенням. Сучасні карткові ключі є невеликими, водонепроникними та одноразовими, вони не потребують батареї.

Компанія Intel поділилася своїм баченням IT-тенденцій, які домінуватимуть в 2018-му році. На думку представників компанії основними трендами стануть пристрої на базі новітніх технологій, IoT (Інтернет речей), аналіз "великих даних" в охороні здоров'я, відмова від дротів і "розумні" міста. Пристрої на базі новітніх технологій мають все більший попит у покупців. Ця тенденція яскраво відбивається в сегменті цифрових рішень для зайняття спортом і фітнесом: в 2017г., згідно із звітом Gartner, було продано 70 млн пристроїв для моніторингу фізіологічних параметрів під час таких занять. Крім того, за даними Intel, в 2017 р. ринок "розумних" годинників також чекає значне зростання.

**Висновки.** У якості складної кіберфізичної системи «Інтернет речей» об'єднує різні пристрої, оснащені зондуванням, ідентифікацією, обробкою даних, комунікацією і володіють мережевими можливостями. Зокрема, датчики і виконавчі пристрої стають дедалі потужнішими, дешевшими і меншими, що призводить до їх повсюдного використання. Індустрія сильно зацікавлена в розгортанні IoT-пристроїв для розробки промислових додатків, таких як автоматичний моніторинг, контроль, управління, експлуатація та технічне обслуговування. Передбачається, що через стрімкий розвиток технологій і промислової інфраструктури «Інтернет речей» буде широко застосовуватися в промисловості. Наприклад, в харчовій промисловості інтеграція бездротових сенсорних мереж (WSN) і радіочастотної ідентифікації (RFID) служить для побудови автоматизованих систем контролю, моніторингу та відстеження якості продуктів харчування по всьому ланцюжку поставок.

#### Список літератури.

1. Петрова В.М. Інтернет речей / В.М. Петрова, О.В.Куриленко, О.В. Фуртат // Вісник АМУ серія «Техніка» Випуск 1 (9) – 2015. – С. 77-79.
2. Van Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M. The internet of things // Proc. 1st Berlin Symp. Internet Soc. Germany, Berlin, 2011.
3. Li Y., Hou M., Liu H., Liu Y. Towards a theoretical framework of strategic decision, supporting capability and information sharing under the context of Internet of Things // Inf. Technol. Manage. 2012. Vol. 13, No. 4. pp 205–216.
4. Tan L., Wang N. Future internet: The internet of things // Proc. 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. (ICASTE). China, Chengdu, 2010.
5. Jia X., Feng O., Fan T., Lei Q. RFID technology and its applications in internet of things (IoT) // Proc. 2nd IEEE Int. Conf. Consum. Electron., Commun. Netw. (CECNet). China, Yichang, 2012.

#### References

1. Petrova V.M. Internet rechei / V.M. Petrova, O.V.Kurylenko, O.V. Furtat // Visnyk AMU seriia «Tekhnika» Vypusk 1 (9) – 2015. – S. 77-79.
2. Van Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M. The internet of things // Proc. 1st Berlin Symp. Internet Soc. Germany, Berlin, 2011.
3. Li Y., Hou M., Liu H., Liu Y. Towards a theoretical framework of strategic decision, supporting capability and information sharing under the context of Internet of Things // Inf. Technol. Manage. 2012. Vol. 13, No. 4. pp 205–216.
4. Tan L., Wang N. Future internet: The internet of things // Proc. 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. (ICASTE). China, Chengdu, 2010.
5. Jia X., Feng O., Fan T., Lei Q. RFID technology and its applications in internet of things (IoT) // Proc. 2nd IEEE Int. Conf. Consum. Electron., Commun. Netw. (CECNet). China, Yichang, 2012.

УДК 621.317.38

**К.О. ІВАНОВСЬКА, М.Ф. БОГОМОЛОВ**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОНКОКЛІТИН ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТОЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ**

*В статті розглянуто застосування оптичної спектроскопії в медичній діагностиці та оптичні властивості взаємодії світла з біологічними середовищами. Встановлено, що метод оптичної томографії є найбільш відповідним для дослідження патологічних змін у біотканинах та онкоклетинах.*

*Проведено аналіз методики досліджень тканин молочної залози з онкоклетинами. Запропоновано метод лазерної відео поляриметрії, яка базується на аналізі растрової матриці Мюллера, для аналізу характеристик анізотропії під час дослідження плоско-паралельних зразків патологічних тканин. Удосконалено оптичну модель плоско-паралельного зразка неоднорідної анізотропної БТ як сукупності шарів, кожен з яких характеризується растром головних мінорів матриці Мюллера та набором координатних розподілів величин анізотропії*

*Розглянуто схему оптичного дифузійного томографа для візуалізації внутрішньої структури онкоклетин патологічних тканин та описано принцип дії. Запропоновано функціональну схему оптико-електронного око-процесорного томографа та проведено дослідження онкоклетин в патологічних тканинах молочної залози. В якості блоку перетворення та оброблення зображень (БПОЗ) було використано паралельний лінійно-алгебраїчний процесор.*

*Ключові слова: оптоелектроніка, спектроскопія, дослідження, онкоклетини, оптична томографія, діагностика патологічних тканин, лазерна діагностика, біологічне середовище, коефіцієнт розсіювання, коефіцієнт поглинання.*

**K. O. IVANOVSKA, M. F. BOGOMOLOV**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## **RESEARCH ONCOLOGICAL CELLS WITH OPTOELECTRONIC SYSTEM**

*The implementation of optical stereoscopy in medical diagnostics and the optical properties of the interaction of light with biological environment are considered. It is established that the method of optical tomography is the most suitable for the study of pathological changes in biotissues and oncocytes. The wavelength ranges for visible and infrared radiation are considered. In the range of wavelengths 0.3-0.6 microns (visible area), the typical penetrating ability of radiation was 0.5-2.5 mm. The range of wavelengths of 0.6-1.5 microns (red and infrared radiation) is characterized by dispersal on orders of magnitude higher than absorption, and the depth of penetration in the tissue increases to 8-10 mm.*

*The anisotropy is proved to be an important property of scattering tissue. The analysis of the method of studies of breast tissues with oncocytes was carried out. The method of laser video polarimetry, based on the analysis of the Müller raster matrix, for analysis of the anisotropy characteristics during the study of flat-parallel samples of pathological tissues is proposed. The optical model of a flat-parallel sample of a non-homogeneous anisotropic BT (biological tissue) as a set of layers, each of which is characterized by a raster of the main minors of the Müller matrix and a set of coordinate distributions of anisotropy values is improved. The scheme of an optical diffusion tomograph for visualization of the internal structure of pathologic tissue oncocytes is considered and the principle of action is described.*

*The functional scheme of the optical-electronic eye processor tomograph was proposed and the oncology in pathological tissues of the mammary gland was studied. A parallel line algebraic processor was used as a transformation and image processing unit.*

*Key words: optoelectronics, spectroscopy, studies, oncocytes, optical tomography, diagnostics of pathological tissues, laser diagnostics, biological environment, scatter coefficient, absorption coefficient.*

### **Вступ**

Поширення онкологічних захворювань обумовлює створення сучасних приладів діагностики і моніторингу, що спрямовані на підвищення ефективності методів реєстрації та оброблення біомедичних показників, а також розвиток медичних засобів діагностики.

Діагностика онкоклетин на ранній стадії і лікування значно збільшують шанси на одужання. Дослідження форми, розмірів та деформації патологічних онкоклетин, за допомогою оптоелектронної системи, є досить важливим етапом діагностики.

Онкоклетини активно діляться і швидко зростаються; в нормі схожою активністю володіють клітини кісткового мозку. Відповідно, якщо онкоклетини більш активні, ніж навколишні тканини, то і шкідлива дія випромінювання заподіє їм більш серйозної шкоди. Це обумовлює ефективність променевої терапії при однаковому опроміненні пухлинних клітин і великих обсягів здорової тканини. Однак сучасні оптоелектронні системи для променевої терапії дозволяють істотно збільшити терапевтичне відношення за рахунок «фокусування» дози іонізуючого випромінювання в патологічному вогнищі і відповідного щадіння здорових тканин.

### 1 Застосування оптичної спектроскопії в медичній діагностиці

Сучасні оптичні та оптоелектронні системи є складними комплексами, що містять електронні прилади посилення і перетворення електричних сигналів, автоматичні і обчислювальні пристрої. В процесі перетворення енергії в оптоелектронних приладах велике значення мають перетворення сигналів в електричних і електронних пристроях - їх посилення, фільтрація, модуляція, детектування та ін. При цьому електричні й електронні елементи оптоелектронних приладів працюють в широкому амплітудном і частотному діапазонах сигналів складної форми.

Фізичну основу оптоелектроніки складають процеси перетворення електричних сигналів в оптичні і оптичних в електричні, процеси поширення випромінювання у видимій, інфрачервоній і ультрафіолетовій областях спектра в різних середовищах, а також процеси взаємодії електромагнітних випромінювань оптичного діапазону з речовиною [1].

Лазерна діагностика має широкій спектр областей застосування, та використання лазерів в онкології є досить важливим і служить для вирішення наступних задач:

- видалення злоякісних пухлин на ранніх стадіях;
- реканалізація просвітів пахових органів у невиліковних пацієнтів;
- лікування деяких повільно прогресуючих захворювань;
- усунення метастаз;
- лікування багатьох доброякісних новоутворень (в шлунково-кишковому тракті, на слизових оболонках порожнин рота, носа, гортані, на поверхні шкіри і ін.).

### 2 Особливості взаємодії оптичного випромінювання з біологічним середовищем

Застосування оптичного випромінювання базується на взаємодії світла з біологічними тканинами [1], а саме його розсіюванні, відбитті та поглинанні. На рис. 1 показаний спектр поглинання меланіну, що міститься в епідермісі шкіри людини.

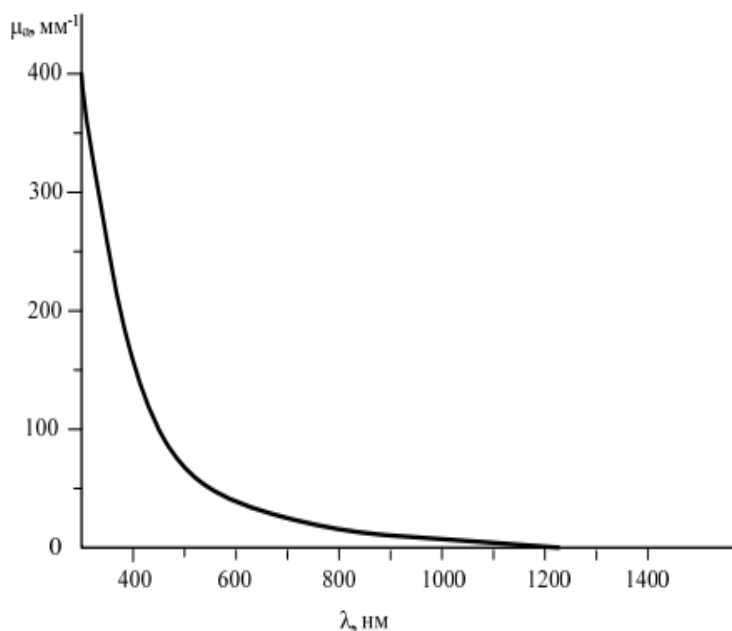


Рис. 1 – Спектр поглинання меланіну

При проведенні розрахунків великий інтерес представляє величина оптичної густини епідермісу, яка залежить від кількості меланіну в базальному шарі. Вона визначається за формулою (1):

$$OD = \mu_{mel} \cdot h_e \quad (1)$$

де  $\mu_{mel}$  – коефіцієнт поглинання меланіну;  $h_e$  – товщина шару епідермісу.

На рис. 2 зображено залежність коефіцієнта поглинання та глибини проникнення оптичного випромінювання від властивостей біологічної тканини [2].

Як видно з рисунка, найбільша глибина проникнення потрапляє в область терапевтичного вікна. Саме тому для проведення досліджень патології онкоклітин використовують діодні лазери та світлодіоди, які лежать в області червоного та ближнього інфрачервоного випромінювання.



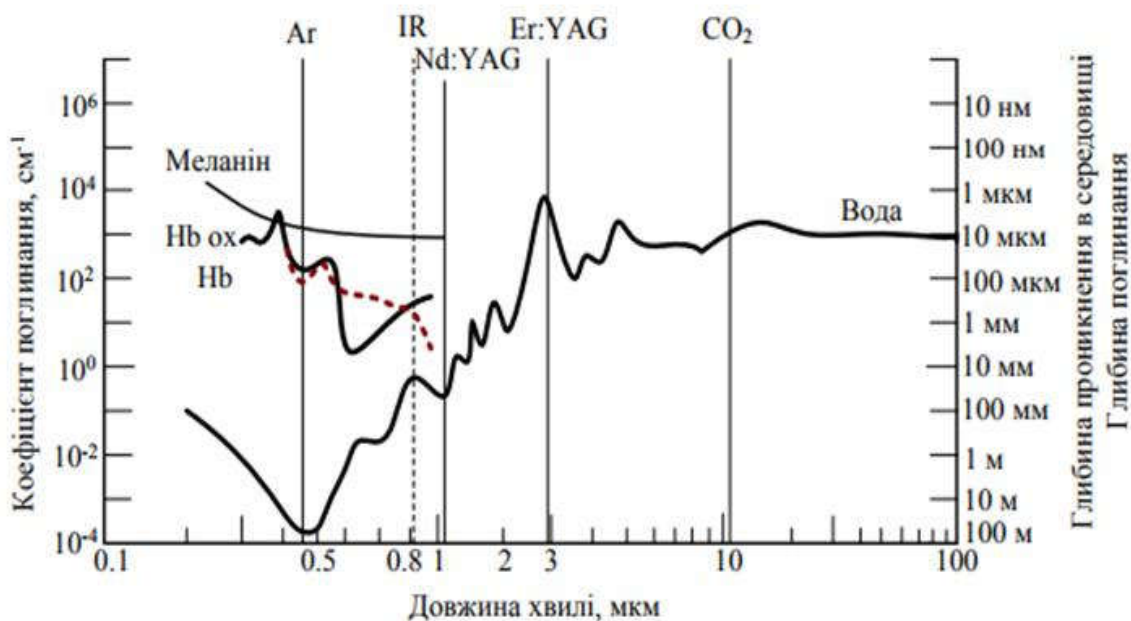


Рис. 2 – Коефіцієнт поглинання та глибина проникнення оптичного випромінювання

У середовищах, які характеризуються високою оптичною густиною, випромінювання практично повністю поглинається після проходження відстаней у кілька міліметрів вглиб тканини. Поглинання в біологічних зразках залежить від характеристик домінуючих компонент та вмісту води у тканині. Тому коефіцієнти поглинання та розсіювання – два дуже важливих параметри в оптичних дослідженнях.

Типові значення коефіцієнта поглинання для біологічних тканин відрізняються на декілька порядків і становлять  $10^{-2}$ - $10^{-4}$   $\text{cm}^{-1}$ . Глибина проникнення випромінювання оптичного діапазону в тканини організму значною мірою залежить від довжини хвилі. В ультрафіолетовій ділянці спектра глибина проникнення є одного порядку з розмірами клітин і становить понад 2 мкм. У діапазоні довжин хвиль 0,3-0,6 мкм (видима ділянка) типова проникаюча здатність випромінювання – 0,5-2,5 мм. Тут явища розсіювання і поглинання світла є одного порядку. Діапазон довжин хвиль 0,6-1,5 мкм (червоне та інфрачервоне випромінювання) характеризується розсіюванням на порядки вищим за поглинання, і глибина проникнення у тканини зростає до 8-10 мм.

Важливою властивістю розсіювальної тканини є анізотропія. Залежність фактора анізотропії шкіри (як дерми, так і епідермісу) може бути описана таким емпіричним співвідношенням (2):

$$g(\lambda) = 0.7645 + 0.2355 \cdot \left[ 1 - \exp\left(\frac{\lambda - 500 \text{ нм}}{729.1 \text{ нм}}\right) \right]. \quad (2)$$

Залежність коефіцієнта розсіювання шкіри від довжини хвилі описується таким виразом (3)[2]:

$$\mu_s(\lambda) = \mu_s(\lambda_0) \cdot \left(\frac{\lambda}{700 \text{ нм}}\right)^{-3/2}. \quad (3)$$

Обернено-розсіяні фотони, що виходять на поверхню тканини, дозволяють аналізувати та відтворювати зображення структури внутрішніх тканин. Такі зображення отримуються за допомогою часових, частотних та стаціонарних методів вимірювання, що використовуються для візуалізації зміни внутрішньої структури тканин. Це дає можливість виявляти патологічні зміни в тканинах, в тому числі різного роду пухлини [3].

### 3 Структурна схема оптичного двохвильового томографа

В результаті проведеного огляду неінвазивних методів для досягнення поставленої мети було обрано схему оптичного двохвильового томографа в якості об'єкта моделювання [4]. Схема наведена на рисунку 3.

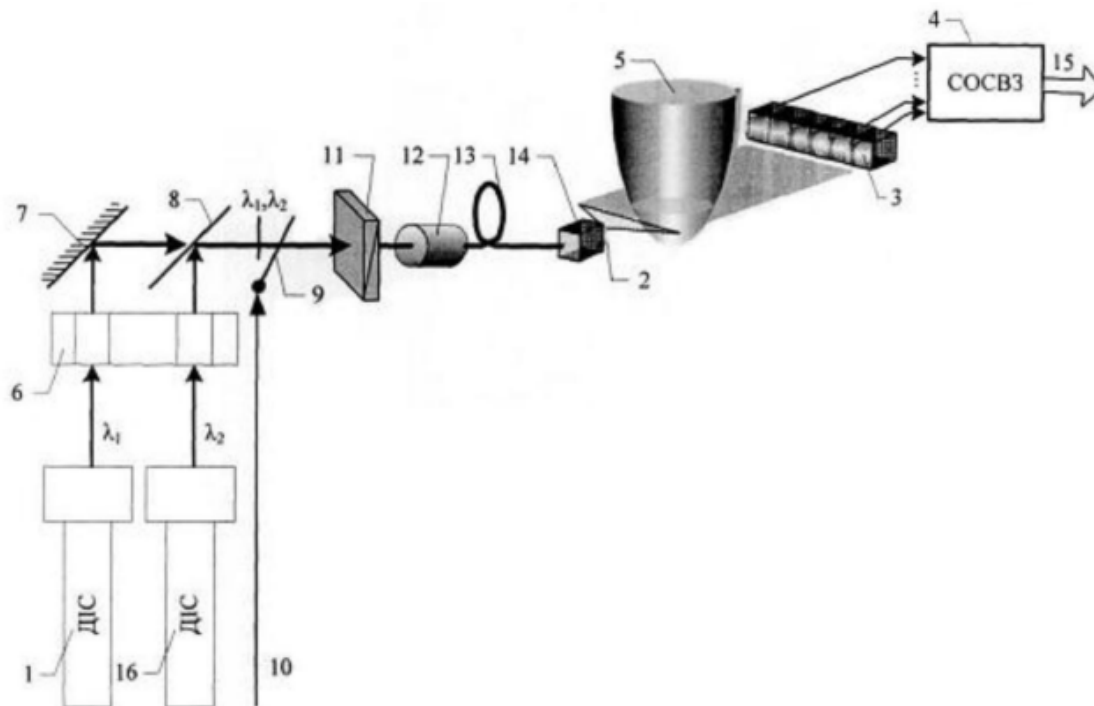


Рис. 3 – Схема оптичного двохвелевого томографа

Оптичний двохвелевий томограф містить перше джерело 1 інфрачервоного світла (ІЧ), циліндричну лінзу 2, лінійку 3 фотоприймачів структури р-п-р-п-типу з інверсією знака електрорушійної сили, електрично зв'язану з фотоприймачами систему 4 обробки сигналів та відновлення зображення об'єкта 5. Крім того, томограф містить друге джерело 16 джерело ІЧ світла, вихід якого оптично з'єднаний із другим входом оптико-механічного модулятора 6 світла, перший вхід якого оптично з'єднаний з виходом першого джерела 1 ІЧ світла, перший вихід оптико-механічного модулятора 6 світла оптично з'єднаний дзеркалом 7, розміщеним під кутом  $45^\circ$  до падаючого на нього випромінювання, вихід якого з'єднаний з першим входом напівпрозорої пластини 8, розміщеної паралельно до дзеркала, другий вхід якої оптично з'єднаний з другим виходом оптико-механічного модулятора 6 світла. Вихід напівпрозорої пластини 8 оптично з'єднаний з затвором 9, другим входом якого є електричний керуючий вхід 10 томографа, вихід затвору оптично з'єднаний з входом поляризатора 11 світла, вихід якого з'єднаний з оптичним роз'ємом 12, що з'єднаний з поляризаційно-чутливим волокном 13, вихід якого з'єднаний з волоконно-оптичним вузлом 14 виведення випромінювання, в який встановлено циліндричну лінзу 2, паралельний оптичний вихід якої через об'єкт 5 з'єднаний з оптичними входами лінійки 3 фотоприймачів. Виходом 15 оптичного двохвелевого томографа є вихід системи обробки сигналів та відновлення зображення об'єкта [4].

Оптичний двохвелевий томограф працює таким чином. З першого джерела 1 ІЧ світла випромінювання попадає на перший вхід оптико-механічного модулятора 6 світла, а з другого джерела 16 світла випромінювання попадає на другий вхід оптико-механічного модулятора 6 світла, який в момент  $t$  пропускає випромінювання від першого джерела 1 світла на дзеркало 7, від якого випромінювання відбивається під прямим кутом і попадає на перший вхід напівпрозорої пластини 8. Напівпрозора пластина 8 пропускає дане випромінювання через затвор 9, який відкривається подачею на зовнішній електричний керуючий вхід 10 відповідного сигналу, що відповідає початку роботи томографа і закривається відсутністю сигналу, що відповідає закінченню роботи томографа, на поляризатор 11 світла, в якому випромінювання поляризується. Поляризоване випромінювання попадає в оптичний роз'єм 12, завдяки якому вводиться в поляризаційно-чутливе волокно 13, а потім виводиться через волоконно-оптичний вузол 14, в якому встановлено циліндричну лінзу 2, що створює з випромінювання горизонтальну лінію, яка пронизує об'єкт 5, а після проходження об'єкту реєструється лінійкою 3 фотоприймачів. Електричні сигнали з лінійки 3 фотоприймачів попадають в систему обробки сигналів та відновлення зображення об'єкта 5, яка працює у відповідності з відомими методами реконструкції зображення біологічного об'єкта [4]. В момент часу  $(t+1)$  оптико-механічний модулятор 6 світла пропускає дане випромінювання від другого джерела 16 світла на другий вхід напівпрозорої пластини 8. Напівпрозора пластина 8 пропускає дане випромінювання через затвор 9 на поляризатор 11 світла, в якому випромінювання поляризується. Поляризоване випромінювання попадає в оптичний роз'єм 12, завдяки якому вводиться в поляризаційно-чутливе волокно 13, а потім виводиться через волоконно-оптичний вузол 14, в якому встановлено циліндричну лінзу 2, що створює з випромінювання горизонтальну лінію, яка пронизує об'єкт 5, а після проходження на виході 15 системи обробки сигналів та відновлення зображення об'єкта 5. Оскільки розмірність отриманих зображень є дуже великими, що призводить до збільшення часу їх оброблення на звичайних ЕОМ, що досягає декількох

хвилин на одне зображення, виникає необхідність в створенні спеціалізованих процесорів як базових вузлів томографічних систем, які б дозволяли з високою точністю оброблювати зображення за значно менший час.

Таким чином було запропоновано функціональну схему оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації патологічних онкоклітин (в якості зразка беремо тканини молочної залози (МЗ)), для суттєвого покращення його часових характеристик. В якості блоку перетворення та оброблення зображень (БПОЗ) доцільно використати паралельний лінійно-алгебраїчний процесор.

#### 4 Принципи функціонування оптико-електронного око-процесорного томографа

Принципи зондування лазерним випромінюванням і реєстрації отриманих сигналів після проходження через біооб'єкт, покладені в основу функціональної схеми оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації внутрішньої структури онкоклітин та тканин. Схема містить три джерела зондувального випромінювання з різними довжинами ( $\lambda_1=690$  нм,  $\lambda_2=786$  нм та  $\lambda_3=830$  нм) або твердотільні (титан-сапфірові в режимі модуляції добротності  $\lambda=650\div 980$  нм) лазери, просторово-часовий модулятор світла, скремблер та поляризатор, які утворюють формувальний канал лінійно-поляризованого світла.

На рисунку 3 зображена схема оптико-електронного томографа. Томографічна система для ранньої діагностики патології онкоклітин (рис. 3) поєднує найефективніші методи вимірювань із паралельними швидкодіючими методами оброблення інформації.

об'єкту реєструється лінійкою 3 фотоприймачів. Електричні сигнали з лінійки 3 фотоприймачів попадають в систему обробки сигналів та відновлення зображення об'єкта 5. Інформація про внутрішню структуру об'єкта 5 отримується

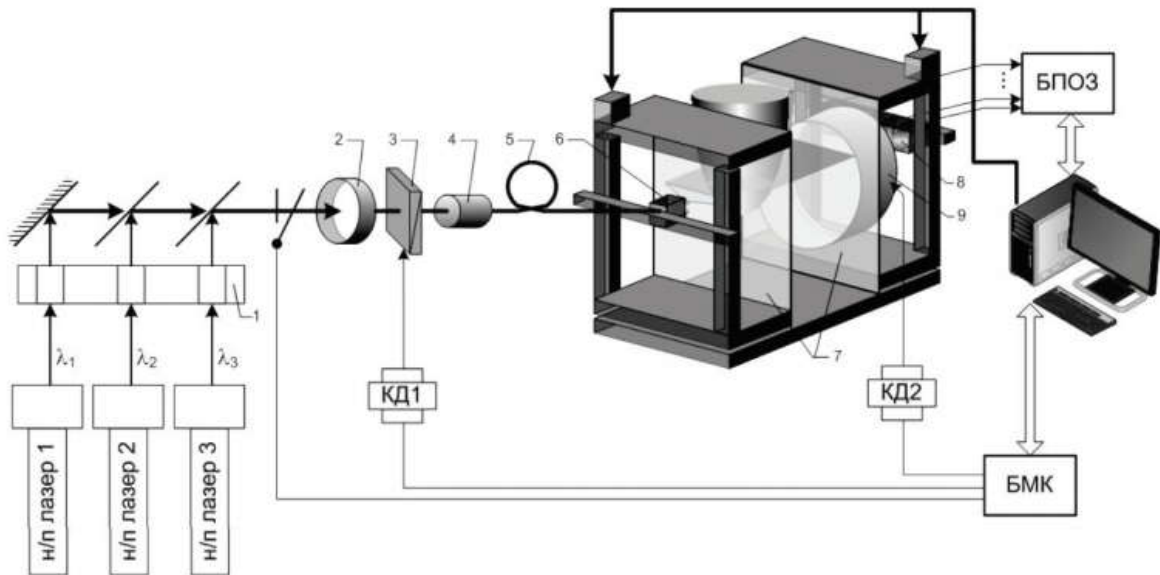


Рис. 3 – Функціональна схема оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації онкоклітин

Функціональна схема оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації тканин МЗ містить: КД – кроковий двигун; БМК – блок місцевого керування; БПОЗ – блок перетворення та оброблення зображення; 1 – оптико-механічний модулятор світла; 2 – скремблер; 3 – поляризатор; 4 – вузол введення випромінювання в оптичне волокно (оптичний роз'єм); 5 – поляризаційно-чутливе волокно; 6 – волоконно-оптичний генератор лінії; 7 – скляні пластини; 8 – лінійний координатний детектор; 9 – аналізатор.

На рисунку 4 зображено візуалізацію онкоклітин МЗ, отриманих за допомогою оптико-електронного око-процесорного томографа.

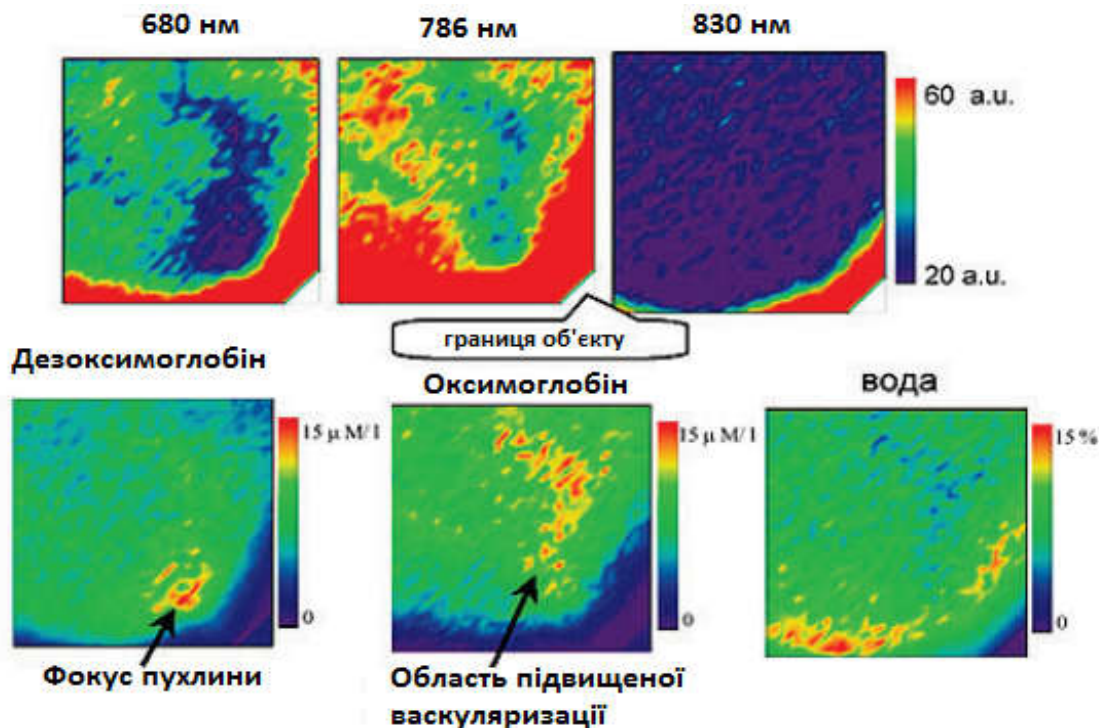


Рис. 4 – Зображення пухлини МЗ in vivo

Зверху – розподіл амплітуди детектованого сигналу (область сканування 70x70 мм, товщина шару – 60 мм). Знизу – відновлення розподілу компонентів біотканини.

Існуючі стандартизовані методики дослідження МЗ, які вважаються скринінговими (рентгенмамографія), як випромінювання використовують рентгенівське випромінювання. Перевагами цих методик є: відносна простота використання, доволі висока інформативність, невисока вартість обладнання (порівняно з комп'ютерною томографією та магнітно-резонансною томографією). Проте головним недоліком рентгенмамографії є вплив іонізуючого випромінювання на біооб'єкт. Дослідження останніх років стосовно шкідливості впливу іонізуючого випромінювання на організм людини свідчать про можливість виникнення у майбутньому значної кількості так званих рентгеніндукованих пухлин, в тому числі й МЗ. Тому нагальною є потреба розроблення діагностичних методів та засобів, що ґрунтуються на інших принципах взаємодії нешкідливого типу випромінювання з біооб'єктом.

Дифузійна оптична томографія (ДОТ) є неруйнівним методом візуалізації внутрішньої структури багатьох біотканин (БТ) та надає можливість дослідження метаболічних процесів. Враховуючи особливості анатомічної будови та розташування в організмі, а також гістологічну структуру МЗ, вона може бути вибрана як об'єкт досліджень цим методом.

Під час досліджень новоутворень МЗ зазначеним методом здійснюють зондування випромінюванням ближнього ІЧ-діапазону ( $\lambda=700\div 900$  нм) біотканини на значних глибинах проникнення (до  $8\div 10$  см). При цьому виконують позиційно-залежні вимірювання параметрів лазерного випромінювання, що дає змогу діагностувати патології МЗ. Порівняно з магнітно-резонансною томографією оптоелектронні системи на основі ДОТ значно дешевші. Технології ДОТ уможливають досліджувати просторові розподіли функціональних параметрів тканин (ступінь окси- та дезоксигенації гемоглобіну крові, вміст води та жиру), візуалізація яких на кількох інформативних довжинах хвиль світла підвищує достовірність діагностування патологій МЗ [5–7]. Отже, ДОТ є одним з перспективних скринінгових методів сучасної мамографії.

#### 4 Аналіз методики досліджень тканин молочної залози з онкоклітинами

Найчіткіший підхід до аналізу поширення світла у розсіювальному середовищі полягає у розв'язанні рівняння переносу випромінювання (РПВ) (4) [8], згідно з яким яскравість  $\phi(r, s, t)$  фотонів, які переміщуються з точки  $r$  в напрямку  $s$  за час  $t$ , визначається сумою відповідних чинників:

$$\left(\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} + s \cdot \nabla + \mu_{tr}(r)\right) \phi(r, s, t) = \mu_s(r) \int_{\Omega} \theta(s, s') \phi(r, s', t) ds' + q(r, s, t), \quad (4)$$

де  $\theta(s, s')$  – функція розсіювання, яка визначає ймовірність розсіювання фотонів від напрямку  $s$  до  $s'$ ;  $\mu_{tr} = \mu_a + \mu_s$  – коефіцієнт екстинкції;  $q(r, s, t)$  – характеризує джерело світла в точці  $r$ , що розповсюджується за час  $t$  в напрямку  $s$  [8].

У першому наближенні в припущенні, що фазова функція  $\theta = \theta(s, s')$ , тобто не залежить від повного кута, а також, якщо зміна потоку фотонів є повільною, усі джерела є ізотропними і РПВ перетворюється у дифузії (5):

$$-\nabla \cdot k(r) \nabla \phi(r, t) + \mu_a \phi(r, t) + \frac{1}{c} \frac{\partial \phi(r, t)}{\partial t} = q_0(r, t), \quad (5)$$

де  $\phi(r, t) = \int_{\Omega_{s=1}} \phi(r, s, t) ds'$  – щільність фотонів;  $k = \frac{1}{3}(\mu_a + \mu_s)$  – коефіцієнт дифузії.

Хейно і Сомерсало [35] запропонували модифіковане рівняння дифузії для анізотропних тканин, в якому коефіцієнт дифузії  $k = \frac{1}{3(\mu_a + \mu_s(1-g))}$  замінено на дифузійний тензор  $k = \frac{1}{3((\mu_a + \mu_s)(1-g))}$ , де  $S \in 3 \times 3$

матрицею, що містить по діагоналі анізотропні коефіцієнти розсіювання. Для того, щоб розв'язок (5) був єдиним, необхідне знання як напрямку, так і величини анізотропії.

Для аналізу характеристик анізотропії під час дослідження плоско-паралельних зразків патологічних тканин та клітин пропонується метод лазерної відео поляриметрії, яка базується на аналізі растрової матриці Мюллера. Величини анізотропії випромінювання після взаємодії з біотканиною можуть бути представлені через параметри вектора Стокса. Для описання зв'язку вихідного (після взаємодії випромінювання з об'єктом) і вхідного векторів Стокса Г. Мюллер запропоновано матрицю М розмірністю  $4 \times 4$  (6) [8]:

$$S^{вих} = M \times S^{вх} = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_0^{вх} \\ S_1^{вх} \\ S_2^{вх} \\ S_3^{вх} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_0^{вх} \\ S_1^{вх} \\ S_2^{вх} \\ S_3^{вх} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

де  $S^{вх}$  та  $S^{вих}$  – вектори Стокса до та після взаємодії випромінювання з об'єктом.

Елементи матриці Мюллера  $m_{ij}$  – дійсні, переважно незалежні числа, що є функціями частоти світла, розмірів, форми, орієнтації та складу розсіювальних частинок досліджуваного зразка.

До того ж анізотропна поведінка більшості БТ (шкіра, молочна залоза, м'язові тканини тощо) може бути описана за допомогою головного мінора  $M_{3 \times 3}$  матриці Мюллера [8]. Для аналізу анізотропних властивостей локальної ділянки БТ пропонується мультиплікативна модель, за якою плоско-паралельний зразок уявляється послідовністю «елементарних» шарів з певним типом анізотропії ( $CP$  – циркулярної фазової,  $LP$  – лінійної фазової,  $LA$  – лінійної амплітудної)(7):

$$M_{3 \times 3} = M_{CP} \cdot M_{LP} \cdot M_{LA}. \quad (7)$$

Просторові анізотропні властивості біооб'єкта характеризуються растром ( $M \times N$ ) головних мінорів  $3 \times 3$  матриць Мюллера локальних ділянок зразка.

Удосконалено оптичну модель плоско-паралельного зразка неоднорідної анізотропної БТ як сукупності шарів, кожен з яких характеризується растром головних мінорів матриці Мюллера та набором координатних розподілів величин анізотропії  $[\delta]_i$ ,  $[\alpha]_i$ ,  $[\theta]_i$ ,  $[\varphi]_i$ ,  $[p]_i$  та  $[\Delta]_i$ . Модель використано для

виявлення патологічних змін у шкірі, що дало можливість, порівняно з методом повної матриці Мюллера, підвищити точність на 19 % та скоротити на 78 % час вимірювань вказаних параметрів.

Особливістю реалізації блока оброблення та реконструкції зображення є орієнтація на принципи око-процесорної обробки [6]: здійснення паралельного векторного введення, виведення та оброблення інформації; ітераційний характер процесу оброблення; виділення сукупності ознак в процесі оброблення, тобто суміщення паралельного оброблення з первинним аналізом вхідного масиву даних.

Реалізація око-процесорної багатоканальної системи оброблення сигналів та реконструкції зображень за модифікованим алгебраїчним підходом пропонується на квантово-розмірних просторово-часових модуляторах світла типу СІД (світловипромінювальні діоди) [9], що створює можливість працювати у реальному часі (20 мс). Для отримання однієї проекції зображення біооб'єкта змінюють положення світлової лінії при скануванні нею у вертикальній площині та одночасно змінюють положення лінійки фотоприймачів. Це забезпечується конструкцією оптико-механічного вузла томографа, що пов'язана з кроковими двигунами, які забезпечують необхідне механічне переміщення вузла виводу випромінювача та координатних фотодетекторів. Під час дослідження анізотропних властивостей, зокрема поверхневих шарів молочної залози (фіброзних, колагенових волокон та новоутворень або змін іншого генезу), перед лінійкою фотодетекторів додатково встановлюється аналізатор, який кінематично з'єднаний та обертається разом із поляризатором за допомогою відповідних крокових двигунів (частоти обертання поляризаційних елементів визначаються за методологією лазерної відеополяриметрії на основі визначення головного мінора матриці Мюллера).



## Висновки

1. Розглянуто особливості взаємодії оптичного випромінювання з біологічним середовищем.
2. Встановлено, що в діапазоні довжин хвиль 0,3-0,6 мкм (видима ділянка) типова проникаюча здатність випромінювання – 0,5-2,5 мм. Діапазон довжин хвиль 0,6-1,5 мкм (червоне та інфрачервоне випромінювання) характеризується розсіюванням на порядки вищим за поглинання, і глибина проникнення у тканини зростає до 8-10 мм.
3. Запропоновано функціональну схему оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації патологічних тканин (в якості зразка беремо тканини МЗ), для суттєвого покращення його часових характеристик. Встановлено, що схема містить три джерела зондувального випромінювання з різними довжинами ( $\lambda_1=690$  (нм),  $\lambda_2=786$  (нм) та  $\lambda_3=830$  (нм)).
4. Розглянуто візуалізацію онкоклітин патологічних тканин МЗ, отриманих за допомогою оптико-електронного око-процесорного томографа. Під час дослідження новоутворень було використано зондування випромінюванням ближнього ІЧ-діапазону ( $\lambda=700\div 900$  (нм)) біотканини на значних глибинах проникнення (до 8÷10 см).
5. Встановлено, що дифузійні хвилі оптичної щільності дозволяють досліджувати оптичні неоднорідності МЗ, проте їх просторова роздільна здатність, у зв'язку з дифузійним характером розповсюдження світла в тканинах, як правило, не перевищує 1 см.
6. Удосконалено методику досліджень тканин молочної залози при транслюмінації лазерним випромінюванням на характерних довжинах хвиль світла, що дає змогу підвищити інформативність за рахунок визначення показників розсіювання, поглинання та коефіцієнтів анізотропії.
7. Запропоновано функціональну організацію схеми оптико-електронного око-процесорного томографа, яка дає змогу збільшити просторову роздільну здатність за рахунок застосування поляризаційно-чутливих елементів.
8. Для проведення діагностування онкоклітин та візуалізації патологій тканин МЗ у реальному часі запропоновано здійснювати око-процесорне оброблення інформації.

## Література

1. Игнатов А.Н. Основы оптоэлектронники. – Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 291 с.
2. Оптическая биомедицинская диагностика: [в 2 т.]. Т.1 / Пер. с англ.; Под ред. В.В. Тучина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 560 с
3. Гауэр Д. Оптические системы связи / пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1989. — 500 с.
4. Быстров Ю. А. Оптоэлектронные приборы и устройства. — М.: Радио Софт, 2001. — 256 с.
5. Календер В. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования: [Монография] / В. Календер. – М.: Техносфера. – 2006. – 344 с.
6. Бутаков Е.А. Обработка изображений на ЭВМ / Е.А. Бутаков, В.И. Островский, И.Л. Фадеев. – М.: Радио и связь. – 1987. – 240 с.
7. Головкин Б.А. Параллельные вычислительные системы. – М.: Наука, 1980. – 243 с.
8. Тужанський С.С. Визначення параметрів анізотропії зразків біотканин на основі аналізу головного мінору 3 матриці Мюллера / С.С. Тужанський, С.М. Савенков, О.С. Клімов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – №1(15). – С. 144 – 153.
9. Effect of discretization error and adaptive mesh generation in diffuse optical absorption imaging / M. Guven, B. Yazici, K. Kwon [et al.] // Inverse Problems. – 2007. – Vol. 23. – № 3. – P. 1135. – doi: 10.1088/0266-5611/23/3/018.

## Reference

1. Ignatov A. N Foundations of optoelectronics. - Novosibirsk: SibGUTI, 2005. - 291 p.
2. Optical biomedical diagnostics: [in 2 tons]. T.1 / Trans. from the English; Ed. V.V. The cloud. - Moscow: FIZMATLIT, 2007. - 560 p.
3. Gauer D. Optical communication systems. with English. - Moscow: Radio and Communication, 1989. – 500 p.
4. Bystrov Yu. A. Optoelectronic devices and devices. - M.: Radio Soft, 2001. - 256 p.
5. Calender V. Computer tomography. Fundamentals, techniques, image quality and areas of clinical use: [Monograph] / V. Kalender. - M.: The technosphere. - 2006. - 344 p.
6. Butakov EA Image processing on a computer / E.A. Butakov, V.I. Ostrovsky, I.L. Fadeev. - M.: Radio and communication. - 1987. - 240 s.
7. Golovkin B.A. Parallel computing systems. - Moscow: Nauka, 1980. - 243 p.
8. Tuzhansky S.Ya. Determination of Anisotropy Parameters of Bioassays Samples Based on the Analysis of the Main Mine 3 Müller Matrix / S.Ye. Tuzhansky, SM Savenkov, O.S. Klimov // Opto-electronic information and energy technologies. - 2008. - No. 1 (15). - P. 144 - 153.
9. Effect of discretization error and adaptive mesh generation in diffuse optical absorption imaging / M. Guven, B. Yazici, K. Kwon [et al.] // Inverse Problems. – 2007. – Vol. 23. – № 3. – P. 1135. – doi: 10.1088/0266-5611/23/3/018.

Рецензія/Peer review : 19.1.2018 p.

Надрукована/Printed : 9.4.2018 p.

Рецензент :

## ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСМУЖКОВИХ СТРУКТУР В ЯКОСТІ ФІЛЬТРІВ В МІКРОСИСТЕМНІЙ ТЕХНІЦІ

**Анотація.** В наш час є актуальне застосування мікросмужкових структур, проте вони мають деякі обмеження щодо використання. Якщо розглянути звичайні мікросмужкові лінії то вони мають обмеження смуги пропускання з малим імпедансом, низький коефіцієнт підсилення, великі розміри та проблеми з поляризацією. Але після успішної реалізації смугових фільтрів, вже в наш час мікросмужкові структури використовують досить широко. Результати роботи розробників в цій галузі задовільнили головні критерії застосування таких структур, що дало змогу знизити ціни на виробництво фільтрів, зменшення їх розмірів та дало змогу використовувати їх у широкосмуговому діапазоні. В даній статті представлена основна концепція застосування мікросмужкових структур в якості смугових фільтрів, а також показано застосування смугових фільтрів в сучасних технологіях та запропоновано топологію смугового фільтру.

**Ключові слова:** мікросмужкова структура, смуговий фільтр, НВЧ, РЕА

A.G. MARINICH, M.F. BOGOMOLOV

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute. Igor Sikorsky", Kyiv

## APPLICATION OF MICROSTRIP STRUCTURES AS FILTERS IN MICROSYSTEM TECHNOLOGIES

**Annotation -** This paper presents the basic concept of the use of microstrip structures as bandpass filters, and application of bandpass filters in modern technologies and proposes a bandpass filter topology.

In our time, microstrip structures are relevant, but they have some usage restrictions. When considering conventional microstrip lines, they have bandwidth limitation with low impedance, low gain, large size and polarization problems. But after successful implementation of bandpass filters, now microstrip structures are used quite widely.

The relevance of this topic determines such issues as the development of compact device sizes, their low cost and high efficiency. For example, MW receiving and transmitting integrated modules having dozens or even hundreds of individual functional nodes such as filters, amplifiers, directional splitters, adder, antennas, and the like. It should be noted that among the large variety of frequency selective and control devices used in modern REA, band and broadband filters are most widely used. It is known that band filters are a system of interconnected resonators, each of which, in turn, is a microstructure structure executed, usually on a substrate with high dielectric permeability, the other side of which is completely covered with a metal layer or with holes in it, the so-called screen or grounded base.

The results of the developers in this area satisfied the main criteria for the use of such structures, which made it possible to reduce the prices for the production of filters, reduce their size and allow them to be used in the broadband band. This article presents the basic concept of the use of microstrip structures as bandpass filters, as well as the use of bandpass filters in modern technologies is shown and a strip filter topology is proposed. The given structure in the article is good in application as bandpass filters, which is determined by the given characteristics. By selecting the optimal dimensions of the filter topology, we can get good selective properties, reduce production costs, and widespread use in microsystem technology. However, there are a number of factors that determine the errors in their implementation and production, in contrast to the simulated parameters in the simulation systems of three-dimensional structures

**Keywords:** microstrip structure, bandpass filter, MW, REA

**ВСТУП.** Актуальність даної теми визначає такі питання як розробка компактних розмірів пристроїв, їх малої ціни та високої ефективності. Наприклад, приймально-передавальні інтегральні модулі НВЧ техніки, що мають десятки та навіть сотні окремих функціональних вузлів таких як: фільтри, підсилювачі, направлені розгалужувачі, суматори, антени і т.п. Слід зазначити що, серед великого різноманіття частотно-вибіркових та керуючих пристроїв, що використовуються в сучасній РЕА найбільше застосування мають смугові та широкосмугові фільтри. Відомо, що смугові фільтри являють собою систему взаємопов'язаних резонаторів кожен з яких, в свою чергу представляє собою мікросмужкову структуру виконану, як правило, на підкладці з високою діелектричною проникністю, друга сторона якої повністю покрита металевим шаром або з отворами у ньому, так званим екраном або заземленою основою [1].

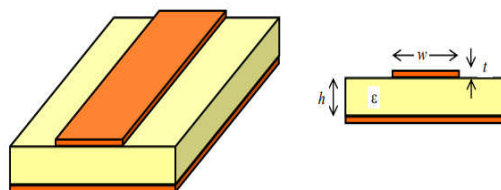


Рис. 1. Конструкція мікросмужкової лінії передачі



**Виклад основного матеріалу.** На рис.1 зображено загальну структуру мікросмужкової лінії. У техніці НВЧ часто застосовують відкриті (неекрановані) мікросмужкові резонатори. Власна добротність  $Q_0$  без екранування МПР порівняно невелика:  $Q_0 \approx 200$  (на частоті 1 ГГц) для підкладки з матеріалу «Полікор» ( $\varepsilon = 9.8$ ) товщиною 1 мм, і  $Q_0 \approx 400$  у МПР на підкладці з матеріалу ТБНС  $\varepsilon = 80$  [ 2].

Можна виділити три основні механізми втрат, які визначають власну добротність мікросмужки: омичні втрати в смужці провідника, діелектричні втрати в підкладці та втрати на випромінювання. Оскільки застосовувані у НВЧ-техніці матеріали підкладок мають малі діелектричні втрати  $tg\delta < 10^{-4}$ , а втрати на випромінювання можна мінімізувати, екрануючи мікросмужкові фільтри. Основним механізмом втрат є перший з перерахованих вище так як збережена резонатором енергія пропорційна частоті, а поверхневий опір провідника зростає пропорційно квадратному кореню з частоти, то у смужкових резонаторів добротність росте з частотою пропорційно квадратному кореню з неї.

Сильний вплив на власну добротність мікросмужкових резонаторів надають неоднорідності провідника, такі як перепади ширини або вигини. При цьому в більшості випадків вони її зменшують, і тільки тоді, коли при введенні неоднорідності буде зменшуватися фізична довжина резонатора, добротність буде зростати за рахунок зменшення втрат на випромінювання [1].

Селективні властивості таких фільтрів визначаються в першу чергу коефіцієнтами крутизни схилів амплітудно-частотної характеристики АЧХ поблизу робочої смуги пропускання рис.2. Ці коефіцієнти залежать від ширини смуги пропускання  $\Delta f_3$ , виміряної за рівнем -3дБ, і ширини смуг частот  $\Delta f_l$  і  $\Delta f_h$ , виміряних від частоти  $f_0$  до низькочастотного і високочастотного схилів на рівні  $L_{stop}$ . Крім того, селективність фільтра характеризується також величиною втрат  $L_0$  в смузі пропускання, рівнем придушення  $L_{stop}$  в смугах загородження і шириною високочастотної смуги загородження  $\Delta f_{l_{stop}}$ , яка обмежується другим, паразитного, пропускну здатністю.

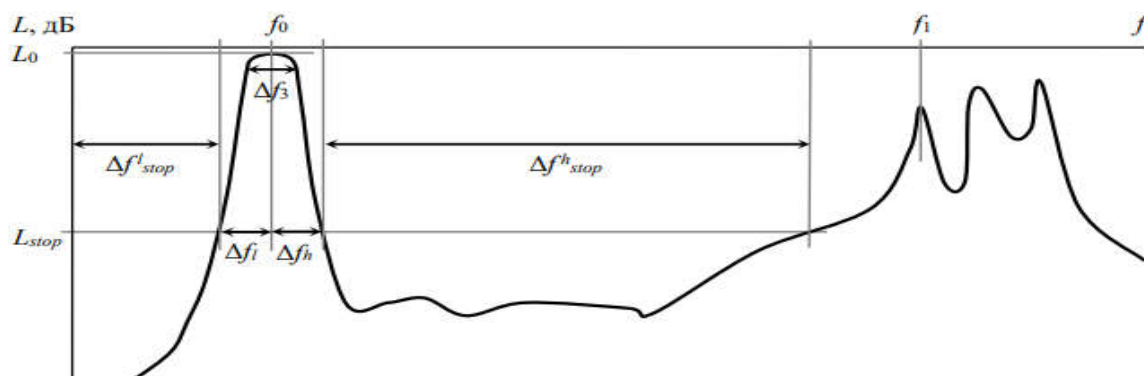


Рис. 2. Основні параметри АЧХ фільтра, що визначають його селективність

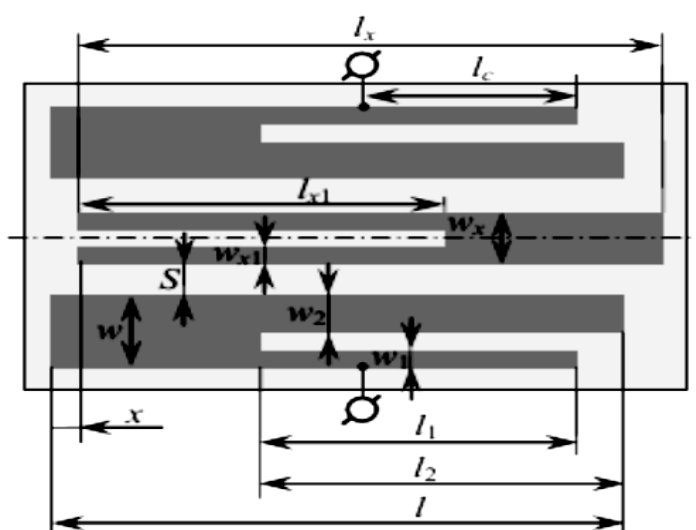


Рис.3. Зображення топології запропонованої смужкової структури

**Експериментальні результати.** При створенні та вивченні нових конструкцій селективних НВЧ фільтрів, перед конструкторами постають головні питання, як покращити їх селективні властивості, підвищити технологічність виготовлення топології фільтрів, та зменшити їх розміри. Особливо важливим

при конструюванні таких резонаторних структур є вибір форми смугових провідників, що дозволить зменшити їх габарити без погіршення їх селективних властивостей. В даній статті описано використання смугового фільтру на двох окремих резонаторах, з діелектричною проникністю  $\varepsilon = 80$  та товщиною  $h=1$  мм. Головна ідея розробки полягає в зменшенні габаритів мікросмужкових структур та покращення їх селективних властивостей. Дана структура має топологію, що має рівну симетрію вздовж горизонтальної осі, та реалізована на трьох резонаторах представлених на рис.3.

Для налаштування смуги пропускання сформованими неоднорідностями потрібно так оптимально підібрати взаємодію резонаторів в фільтрі, що при цьому ширина  $w$  та довжина  $l$  окремих відрізків крайніх резонаторів буде відрізнятися між собою ( $w_1 \neq w_2$  та  $l_2 \neq l_1$ ). Також повинні відрізнятися розміри центрального резонатора відносно сусідніх резонаторів та додатково потрібно їх витягнути як показано на рис.2.

При налаштуванні фільтра з відносною смугою пропускання  $\Delta f/f_0 = 20\%$ , його розміри складають в мм :  $l=18.7$ , та  $l_2=11.8$ ,  $l_x=19$ ,  $l_{x1}=11.8$ ,  $l_c=6.0$ ,  $w=3.1$ ,  $w_1=0.8$ ,  $w_2=1.6$ ,  $w_x=2.2$ ,  $w_{x1}=0.8$ ,  $S=1.3$ , суміщення центрального резонатора  $x=1.0$ . Розрахована за допомогою системи аналізу трьохвимірного моделювання АЧХ фільтру представлена на рис.4.

**Висновки.** Згідно характеристик що наведені на рис.4 на смузі пропускання спостерігається дві смуги затухання НВЧ потужності, які значно збільшують прямокутність її високочастотний та низькочастотних схил характеристики.

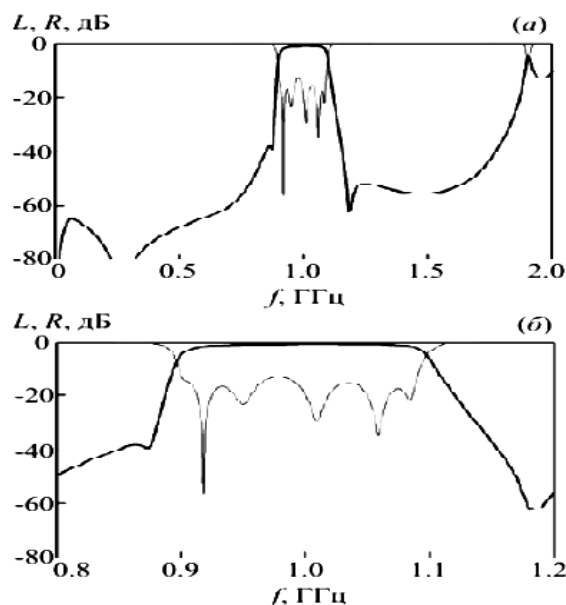


Рис.4. АЧХ смугового фільтра (а) та її фрагмент (б)

Таким чином представлений смуговий фільтр на підкладці з діелектричною проникністю  $\varepsilon = 80$  являє собою окремі розподілені смугові провідники. Високі селективні властивості пояснюються близьким розташуванням шести резонаторів що зображені на топології.

#### Література

1. В.И. Вольман Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств; под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982. – 328 СБ.А. 2.
2. Беляев Б.А. Исследование микрополосковых резонаторов и устройств СВЧ на их основе. Часть I // Препринт № 415Ф ИФ СО АН СССР, Красноярск. – 1987. – 55 С

#### Reference

1. V.I. Volman Manual for calculating and designing microwave plug devices; under ed. VI Wolman - M.: Radio and Communications, 1982. - 328 SB.A. 2
2. B.A Belyaev. Investigation of microstrip resonators and MW devices on their basis. Part I // Preprint № 415Ф ИФ СО АН USSR, Krasnoyarsk. - 1987 - 55 p

Рецензія/Peer review : 10.1.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

A.V. TOLBATOV, S.V. AGADZHANOVA, O.B. VIUNENKO

Sumy National Agrarian University, Sumy

V.A. TOLBATOV

Sumy State University, Sumy

## USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR E-LEARNING

*Annotation. This article introduces the main principles of the Blockchain focusing on its potential for the e-learning. It explains how this technology may both disrupt institutional norms and empower learners. It proposes one of scenarios for the application of the Blockchain in an education context, based on the current state of technology development and deployment.*

*Blockchain is a modern information technology, providing creation of growing lists of data sequences. A separate parts of the chain are called «blocks, which are linked using cryptography. Each component of the system remembers the previous one, unauthorized changes are immediately blocked. The blockchain works as a decentralized register that stores data on the Internet with an open access to the public.*

*Blockchain can be implemented within the automated management systems of individual higher education institutions or groups of educational institutions. Each user who wants to store his personal and financial data as safe as possible, and to provide a reliable information on his qualifications, can use blockchain technologies.*

*The most upcoming areas to implement multi-agent systems in e-learning are: personalization, i.e. adaptation of the website content and design, allowing you to easily move from the standard website form and a set of individual tasks to a view that takes into account the features of each individual student; identification of the user session; each user during the working period can visit the university ACU many times and with different purposes, therefore, user visits must be divided into separate sessions; creation of temporary working groups of students; creation of a competitive environment and support of the rating system; verification and analysis of professional skills in case of further corporate training. It should be noted that Blockchain technology can serve as a basis for implementing a centralized but actually distributed national database for authentication and certification.*

*Key words: Blockchain, information system, information technology, e-learning, automated management systems.*

A.B. ТОЛБАТОВ, С.В. АГАДЖАНОВА, О.Б. В'ЮНЕНКО

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

В.А. ТОЛБАТОВ

Сумський державний університет, м. Суми

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BLOCKCHAIN ДЛЯ E-LEARNING

*Анотація. Стаття містить основні принципи технології Blockchain, зосереджуючи свою увагу на її можливостях для електронного навчання. Проведено аналіз сценаріїв для застосування Blockchain в контексті освіти, виходячи з сучасного стану технологій.*

*Ключові слова: Блокчейн, інформаційна система, інформаційні технології, електронне навчання, автоматизовані системи управління.*

**INTRODUCTION.** E-learning is considered now to be a flexible tool for student training. It is developing dynamically and is focused on mobile learning, micro learning, automation of learning processes, working with large volumes of data, video tutorial, gamification, personalized learning, cloud technology and transition from distance learning systems to knowledge management systems. Therefore, we deal with the increasing relevance of the content, forms, control and other activities of e-learning, as well as protection of personal data of the user's academic achievements in the university database with the help of the latest information technologies, namely, Blockchain technology [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

**Objectives:** summarizing the experience and developing recommendations on the possibilities of implementing and using Blockchain technology in e-learning systems.

**MAIN POINTS.** Blockchain is a modern information technology, providing creation of growing lists of data sequences. A separate parts of the chain are called «blocks, which are linked using cryptography. Each component of the system remembers the previous one, unauthorized changes are immediately blocked. The blockchain works as a decentralized register that stores data on the Internet with an open access to the public.

Not a single centralized server, but the computer power of all participants of the process are used to create a cryptography. It means that any user of the system built on the blockchain can also be its owner.

This approach offers the following benefits: a decentralized recording method by means of cryptography, mathematical algorithms and time that provides:

- transparency of operations;
- inability to falsify information and enter new records, not following the established rules;
- information security, high protection against unauthorised access, information destruction or modification;
- high speed of operations;
- low processing costs.

Decentralized access disables or minimizes the possibility of unauthorized access to the system aimed on entering false data. It saves the resources of universities, since it does not require additional costs to ensure data

verification and storage. It also reduces the influence of the human factor as well as the errors from the computer side.

Usage of decentralized technologies is planned and has already been partially implemented at the state level: e-Auction 3.0, e-Vox, E-Ukraine.

Blockchain technology is ideal as a new infrastructure to secure, share, and verify learning achievements.

The centralized model of present-day learning is no longer sustainable – indeed, blockchain technology allows a total disintermediation and disaggregation of higher education. Today, learning happens increasingly outside the brick-and-mortar lecture hall universities: it happens on online platforms, within communities of like-minded individuals, or by contributing to projects and initiatives in the real world. Blockchain technology may hold the answer to securely and verifiably collating the outcomes of this new distributed learning reality." Students gain control and ownership of all their education data, their accreditation and portfolios of work, in a secure place that is accessible to anyone who needs to verify them – and for their entire lifetime. Within a context where students, teachers and course authors are in a direct relationship with one another, new transactional models will emerge. For example, when a student views a learning video, a small micropayment can automatically be made to the video authors [1 – 10].

Within this emerging model, micro-accreditation will take place through a blockchain. Transferability of skills could also be facilitated through the accreditation of MOOCs – again, the future seems to indicate mix and match teaching and learning via different media and different locations for face to face learning. There are also significant opportunities in those areas which are increasingly positioned as alternatives (or in opposition to) mainstream academic approaches, such as VET, corporate training and the qualifications awarded by professional bodies, such as those in finance.

Thus, for example, a student may be awarded a certificate attesting a degree only if it has been issued for an accredited program, which was in turn issued by an accredited university, which in turn was accredited by an accredited quality assurance agency.

*Introduction of intelligent e-learning interfaces based on blockchain technology.*

The characteristic features of multimodal intelligent interfaces, which implementation ensures a natural user-machine interaction, are considered in [9, 16]. The implementation of these features depends on the particular system, where the appropriate interface is required. Implementing any feature of the interface involves clear specification, as well as the ability to formally verify this specification applied to the interface of a certain system. In general, they distinguish the following properties of intelligent agents: 1) activity, i.e. the ability to generate intermediate goals and act rationally to achieve them; 2) independence, i.e. the ability to work without its owners interference and to control the internal state; 3) basic knowledge, i.e. the agents knowledge about itself, the environment, other agents that do not change during the agent's operation; 4) social behavior, i.e. the ability to interact with other agents; 5) desires, i.e. states or situations, the achievement of which is critical for the agent; 6) obligations, i.e. tasks that the agent assumes when it is accessed by other agents; 7) "beliefs", i.e. a variable part of the basic knowledge that can change in time, the agent may not know about and continue to use them; 8) goals - a set of conditions, the current behavior of the agent is directed to; 9) reactivity is an adequate perception of the environment and reaction to its changes;

It is rather challenging to obtain the reliable information on the Internet due to the huge amount of available data. For now, the widely used search tools fail to provide high-quality search. The most advanced search capabilities are provided today by the keyword search systems. The main disadvantage of such systems is poor accuracy of the information provided.

Improving the capabilities of such systems, aimed at increasing the accuracy of information, leads to the complication of their query language. In addition, each system has its own syntax for query language. As a result, this results in the user having to process a large number of documents himself.

That is why an important step is to select the prediction methods of user action. They in turn include: sample search, cognitive modeling, applying the libraries of actions, and errors, shell systems and model logic.

All together intelligent agent is a hardware or software entity that can act independently in order to achieve the goal set by the owner or user. Multi-agent systems are a kind of agency, a software and computing complex, where various agents interact to solve the task assigned to them. At the same time, an intelligent agent can be viewed as a cognitive system that has the ability to act after a decision has been made.

The main feature of the cognitive agent (Figure 1) is that it receives information from three sources: 1) from the user in the form of goals and current instructions; 2) from the system itself; 3) from its own knowledge base. Integration of these information processes is a necessary condition for management.

Ambient intelligence technology is a promising interdisciplinary technology formed at the junction of cybernetics, artificial intelligence, computer technology and cognitive sciences. The term "Ambient Intelligence" means an extended physical environment with technical devices sensitive to people's actions that in turn involves recognizing users, understanding their goals and context, predicting behavior.

Modeling of multi-agent models in ambient intelligence environments involves: 1) strategic multi-agent modeling in a specific environment; 2) modeling of dialogues and negotiations between cognitive agents; 3) modeling of group training of agents in intellectual environments; 4) transition from the groups of agents to artificial ecosystems; 5) development of mobile agent technology. Thus, a significant part of the information space of the ambient intelligence environment is formed by the intelligent agents. The interaction of these agents while

processing information can significantly reduce the requirements to their computing resources and increase the validity of the results. In general, the concept of AmI is closely related to the Service Science, because it is aimed on providing certain services to users. A service-oriented architecture can also be used when implementing interactions between agents, i.e. services that they can provide to other agents. Thus, modern systems of e-learning and certification should be considered as a community of intelligent agents.

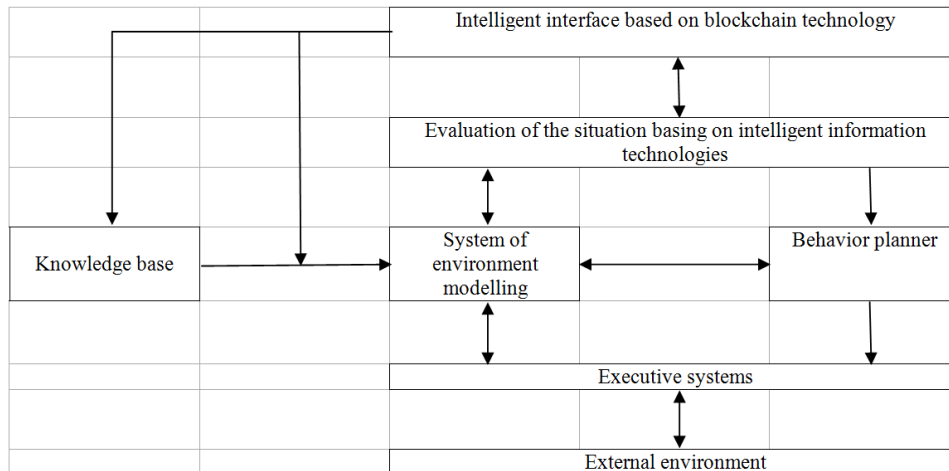


Fig. 1. Architecture of the intelligent cognitive agent

Blockchain can be implemented within the automated management systems of individual higher education institutions or groups of educational institutions. Each user who wants to store his personal and financial data as safe as possible, and to provide a reliable information on his qualifications, can use blockchain technologies.

The process of registering and using such a system by the end user is quite simple. It consists of the following steps:

1. Download the necessary software from the university website. After running the file on the computer (smartphone), install a package consisting of two programs known as i-ASU and i-ASUCert.
2. Order a New Certificate by means of i-ASUCert:
  - firstly, you have to confirm that you want to get a certificate;
  - then you specify the personal data using which you apply for certificate;
  - the system proposes to protect your certificate with a password;
  - at the next step you may need to select required certificate type, if you plan to place data on several e-learning systems;
  - request is stored on your computer as a x.ppl file.
3. The request, a x.ppl file, is posted on the website of the university. If you have any problems, you will immediately see it.
4. Having received a confirmation of the request, the user must send a certified copy of his documents by mail, as well as a document certifying the identity.
5. After receiving copies, your personal "certificate" will be sent to your email address as a x.pq2 file. You will also receive a conditional name and password that will allow you to later access the information about your resources on the corresponding website.
6. Having received the certificate, the user must import it into the i-ASUCert program.
7. After the file is imported, the user can proceed to the digital "signing" of his information.
8. When story in one of these formats is ready and verified, the user can work with the university ASU.
9. When the system receives all the necessary information, it begins to process ("sign") the client data. The process is rather slow (about 20 minutes).
10. The client part of the program is linked to the user's hardware, so another key x.pq3 file is automatically generated to switch to another computer.

It should be noted [ 15, 16] that this approach allows using intelligent agents of various types and complexity levels. It provides an opportunity to model the approaches to the distribution of sub-tasks between agents and to organize a correct interaction between agents in this case. The cases of cooperation and conflicts between agents of various e-learning systems were also reviewed. The organization of interface by means of an intelligent agent involves creating an entity that owns all the information about the system (knowledge of the system business logic, access to the knowledge base). Such an entity can potentially respond to any query regarding the system and the knowledge that it contains.

**CONCLUSION.** The most upcoming areas to implement multi-agent systems in e-learning are:

- personalization, i.e. adaptation of the website content and design, allowing you to easily move from the standard website form and a set of individual tasks to a view that takes into account the features of each individual student;

- identification of the user session; each user during the working period can visit the university ACU many times and with different purposes, therefore, user visits must be divided into separate sessions;
- creation of temporary working groups of students;
- creation of a competitive environment and support of the rating system;
- verification and analysis of professional skills in case of further corporate training.

In conclusion, it should be noted that Blockchain technology can serve as a basis for implementing a centralized but actually distributed national database for authentication and certification.

#### Literature

- [1] Agadzhanova S. Information technologies in the educational process as the basis of modern distance learning / O. Viunenko, A. Tolbatov, S. Vyganyaylo, V. Tolbatov, S. Agadzhanova, S. Tolbatov // TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 831–833.
- [2] Tolbatov A. Data Representing and Processing in Expert Information System of Professional Activity Analysis / O. Zaritskiy, P. Pavlenko, A. Tolbatov // TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 718–720.
- [3] Agadzhanova S. Dosvid vprovadzhennya tekhnolohiy dystantsiynoho navchannya u vyshchyy ahrarynyy shkoli / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, S.V. Ahadzhanova, K.Kh. Ahadzhanov-Honsales, N.L. Barchenko, O.Y. Zorenko, V.H. Lohvinenko, S.V. Tolbatov / Odesa: KUPRYENKO SV, 2015. – S.45-59.
- [4] Tolbatov A.V. Modern technologies of distance learning in agrarian higher school / S.V. Ahadzhanova, K.H. Ahadzhanov-Gonsales, A.V. Tolbatov, O.I. Zorenko, V.H. Lohvinenko, N.L. Barchenko, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // SW Journal Pedagogy, Psychology and Sociology. – Volume J21508 (9). (November 2015). – P. 109-114.
- [5] Tolbatov A.V. Vykorystannya personal'nykh navchal'nykh seredovyschch dlya orhanizatsiyi dystantsiynoyi formy navchannya / A.V. Tolbatov, O.B. V'yunencko // (IMA :: 2016) : materialy ta prohrama NTK, 18–22 kvitnya 2016 r. – Sumy : SumDU, 2016. – S. 159.
- [6] Modelyuvannya v osviti: Stan. Problemy. Perspektyvy / Za zah.red. Solovyova V.M. - Cherkasy: Brama, vydavets' Vovchok O.Yu., 2017. - 266 s.
- [7] Tolbatov A.V. Development and support of the intelligent system of distance education in universities. / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov, D.I. Chechetov // Modern scientific research and their practical application. – Volume J11410. May 2014 – P. 101-105.
- [8] Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / E. Lavrov, N. Pasko, A. Krybidub, A. Tolbatov // Proceedings of the XIIIth International Scientific Conference TCSET'2016, 2016. – P. 72–75.
- [9] Tolbatov A. Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems / Lavrov, E., Pasko, N., Barchenko, N., Tolbatov, A. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 88–91.
- [10] Tolbatov A. Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity / Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., Tolbatov, V. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 83–87.
- [11] Tolbatov A. Using cloud technologies based on intelligent agent-managers to build personal academic environments in E-learning system / Agadzhanova, S., Tolbatov, A., Viunenko, O., Tolbatova, O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 92–96.
- [12] Tolbatov A. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / Zaritskiy O., Pavlenko P., Sudic V., Tolbatov A., Tolbatova O., Tolbatov V., Viunenko O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017.–P. 101–104.
- [13] Tolbatov A.V. Information technology for data exchange between production purpose integrated automated systems / P.M. Pavlenko, A.V. Tolbatov, V.V. Tretiak, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.B. Viunetko // Magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyy, 2016. – №1 –P.86–89.
- [14] Tolbatov A.V. Functional modeling – methodological basis for investigation of business processes at industrial enterprises / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, V.A. Tolbatov // Magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyy, 2017. – №3 –P.186–189.
- [15] Tolbatov A.V. Xmarni tekhnolohiyi yak osnova formuvannya yedy'nogo informacijnogo seredovy'shha vy'shchogo navchal'nogo zakladu /O.B. V'yunencko, A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // Vy'miryuval'na ta obchy'slyuval'na tekhnika v tekhnologichny'x procesax. – Xmel'ny'cz'ky'j, 2016. – №2 –S.90–96.
- [16] Tolbatov A.V. Modelyuvannya v osviti: Stan. Problemy. Perspektyvy: Aktual'ni pytannya pobudovy systemy monitorynhu dystantsiynoyi osvity ahrarynykh VNZ / Za zah.red. Solovyova V.M.–Cherkasy: Brama, vydavets' Vovchok O.Yu., 2017.–266 s.

Рецензія/Peer review : 9.1.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

## INFORMATION AND ANALYTICAL SUSTENTION OF THE TRANSFORMATION PROCESS OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN INDUSTRY STRATEGIC POTENTIAL

**Annotation.** In this article, there was clarified the conceptual-categorical apparatus of management theories of the formation, transformation and use of the strategic potential of industry. It is proposed to use the strategic potential grouping based on the informational and synergistic outlook. Application of informational resource as the determining factor of endogenously directed development and transformation of the real sector of the Ukrainian economy is considered. The conditions of use of information-analytical systems in the context of providing a balanced development of strategic industrial potential are detailed. The prospects of the increasing complexity of modern information systems that can automatically form intellectual reserves by classes of forecasting problem areas are determined. From the standpoint of the above material, it can be argued that the current stage of development of the national economy is characterized by the transition to the formation of an investment and innovation model of development and construction of the basis of European integration of Ukraine. Providing economic growth with investment-innovation orientation requires the transformation of the system-universal functioning potential, which envisages, first of all, the formation of the idea of the possibility of using the aggregate opportunities of the real economy to achieve the goals of balanced development; and secondly, the active use of modern management methods for balancing and determining strategic directions of development. In our opinion, the process of transformation of the strategic development management system is based on the principles of object-oriented design, such as encapsulation, imitation and polymorphism, which give the objects as components of the projected system new qualities. This will enable the development of adaptive technologies for managing the development of the strategic potential of Ukrainian industry.

**Key words:** transformation of management system of strategic potential development, strategic potential development, strategic potential of industry, informational potential, information technologies.

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СТРАТЕГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

**Анотація.** У статті проведено уточнення понятійно-категоріального апарату теорій управління формуванням, трансформацією та використанням стратегічного потенціалу промисловості. Запропоновано до використання групування стратегічного потенціалу на засадах інформаційного та синергетичного світосприйняття. Розглянуто застосування інформаційного ресурсу в якості визначального чинника ендегенно спрямованого розвитку і трансформації реального сектору економіки України. Деталізовано умови використання інформаційно-аналітичних систем в контексті забезпечення збалансованості розвитку стратегічного потенціалу промисловості. Визначено перспективи поглиблення складності сучасних інформаційних систем, що здатні автоматично формувати інтелектуальні резерви за класами проблемних областей прогнозування.

**Ключові слова:** трансформація системи управління розвитком стратегічного потенціалу, стратегічний потенціал промисловості, інформаційний потенціал, інформаційні технології.

**Introduction.** The complexity of the structural construction of economic systems, the acceleration of scientific and technological changes, and the initiation of perturbations in the aftermath of the globalization processes of the world economy are the most decisive features of the modern historical stage of the national economy development. Therefore, the problem of finding an effective model of the national economy growth, based on the formation, expansion, transformation, development and use of strategic potential, remains relevant.

New aspects of the given topic study are due to the growing threats of the global financial and economic crisis, which showed inconsistency of endogenous and exogenous factors of the transformation processes realization, the sharpening of the contradictions between the global nature of modern economic processes and the existing institutional and organizational mechanisms for their regulation. It should be noted that the problems of transformation of economic systems in the conditions of globalization acquire a special scientific-theoretical and practical significance, taking into account the current realities of the development of the Ukrainian state. Gained during the years of transformation experience has convincingly demonstrated the urgent need to revise the established and determined national model of development; to identify exogenous and endogenous risks of the transformation of the Ukrainian economy and industry; to justify strategic priorities for developing an effective mechanism of management of the formation, expansion and use of the strategic potential of national industry [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

**Analysis of recent research and publications.** The issue of the transformation of the management system for the development of the strategic potential of the Ukrainian economy, and industry in particular, is constantly in



the field of researchers, and is the subject of numerous scientific discussions. A significant contribution to the theory and methodology of systemic economic transformation belongs to O.M. Alymov, A. Bersutskiy, I.A. Ignatieva, V.V. Mykytenko, O.O. Bakaev, L.I. Baszhan, L.I. Kaydan, T.G. Kravchenko, V.V. Kulik and others [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Paying tribute to the theoretical and practical value of previous achievements, there is a need to detail the conditions of the use of information and analytical systems in the context of ensuring a balanced development of the industry's strategic potential.

**Main objectives.** The purpose of the article is to determine the main directions and stages of transformation of the management system for the development of strategic potential of the Ukrainian industry, and to develop practical recommendations concerning the formation of complex information and analytical sustention of this process.

**Research results.** It should be noted that the main obstacle on the path of general economic acceleration of the country is the existence of outdated management systems of the national economy and the inadequacy of the mechanisms used. Namely the following:

- 1) management of the economic security sustention of the country;
- 2) management of the development of the strategic potential of the industry (including management of the systematically and universally functioning potentials), including: managerial, organizational, scientific, intellectual potentials, as well as, according to the authors of the article, informational, synergetic, hierarchical and functional complexity, social-ethical potentials, etc.).

Solving these problems in the context of the expansion of the European economic area involves, first and foremost, systematic research and understanding of the term "strategic industrial potential" that can be defined as a systemic phenomenon characterizing a set of capabilities, resources and industry sources used to achieve a strategic mission to meet the diverse needs of society and ensure a high level of economic security of the country. The proposed definition of the strategic potential of industry has the following advantages: a) it is based on a system approach that allows the use of the characteristics and properties of the system; b) the general mission of the "strategic industrial potential" system is defined - meeting the diverse needs of the society and ensuring a high level of economic security of the state.

The theoretical and methodological definition of strategic potential involves, first of all, the construction of the structure of strategic potential, namely its sub-potentials. We do not consider subpotentials as formalized static phenomena, since they have their own hierarchy of substructural elements (for example, economic potential is a consequence of the interaction of its production, technical, technological, raw material, energy substructural elements).

The authors of the article support the opinion of the specialists of Alimov O. and Mykytenko V. on the identification of key components of strategic potential, and believe that it is for their use that the macroeconomic parameters of the development of national industry acquire macro-political and systemic features, although they continue to be cognitive-methodological macroeconomic phenomena. These processes, being constantly dynamic, require the application and adaptation to modern production and economic activities of research objects. In particular, the initiation of prerequisites for the use of both resource and functional, and program-targeted principles of the economics regulation. In their work [2, 6], the researchers emphasize the following: objective understanding of the problems of the transformation of the management system with the development of the strategic potential of the Ukrainian economy, and industry in particular, is impossible without the use of synergetic approaches as one of the perspective directions for the knowledge updating about the development of complex economic systems in national conditions. Thus, the process of transformation of the management system for the development of the strategic potential of industry is to change the components, parameters, proportions and connections in the system of strategic potential in the process of transition to a new qualitative state, under the influence of the external environment. The transformation process has a dynamic nature, which acts as a process and result, which leads to an analysis of the process of changing the economic system with an assessment of its quality status. This assessment of the strategic development management system is carried out, first of all, to increase the development potential and ensure the country's economic security. In our opinion, the process of transformation of the management system for the development of the strategic potential of industry and the national economy in general is based on the basic principles of object-oriented design (encapsulation, imitation and polymorphism), which provide objects, as components of the system being designed, with new qualities. Therefore, summing up the above-mentioned results, the author of the article considers it appropriate to note: the transformation of the management system for the development of the strategic potential of the industry aims, firstly, to form the idea of the possibility of using the combined capabilities of the industrial complex to achieve the goals of balanced development, and secondly, to use modern management techniques to balance and define strategic development directions. Thus, the stages of realization of the process of transformation of the management system for the development of the strategic potential of the national industry can be presented in the form of a scheme given by the author of the article in Fig. 1.

It should be noted that in order to increase the implementation` effectiveness of the management system of the development of the state economy strategic potential, and the strategic potential of industry in particular, it is suggested to develop a mechanism for determining the current level of use of this potential, which in turn requires the transformation of its structure and assessment of its components.

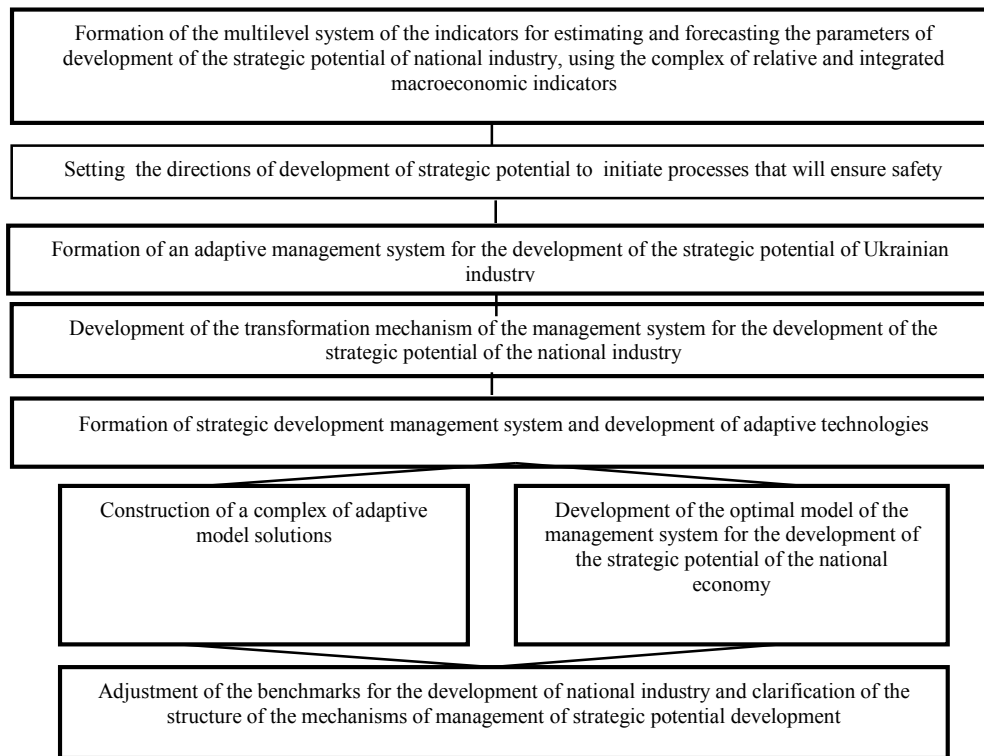


Fig. 1. Stages of the process of transformation of the national industry strategic potential

One of the central role in solving the tasks of transformation of the management system of the strategic potential of industry in Ukraine development belongs to the problem of the choice of a criteria system that adequately reflects the current state of the real sector of the economy at the given moment (Table 1).

Table 1 Essential content of particular static indicators for assessing the strategic potential of the country\*

Macroeconomic Indicators	Economic Content and Characteristics
GDP per capita (converted to money PPP in US dollars) of the population	In the long term, only economic growth can provide an increase in resources - non-current and current assets, including financial resources, in the welfare of the population. The level of GRP per capita depends on economic factors - capital and labor, their productivity, driven by the level of technological development and available intellectual and human capital
Sectoral structure of the economy and structure of GDP distribution; indicators of the share of services and high-tech industries in GDP; uniformity of GDP distribution (Gini index)	The essence of economic development lays in the changes in the structure of GDP, which ensure the growth of income and increase the welfare of the population in the long-term period
Quality of life of the population (life expectancy, morbidity, level of medical care, education, environment). For the comparative analysis, the Human Development Index (HDI) is used. Components of HDI: life expectancy at birth (longevity); level of education (knowledge); living standards - GDP per capita in comparative prices (for PPPs)	A multidimensional, complex, "humanistic" indicator that takes into account the ultimate effectiveness of economic policy within the regional industrial complexes, namely: the uniform distribution of GDP and GRP and welfare
Indicators of economic efficiency (capital productivity, material intensity and energy intensity of GDP, labor productivity)	Evaluate the level of use and build-up of the strategic components of the regional industrial complexes and the industry as a whole

Notes: \* Systematized and grouped by authors

It should be noted that the criterion assessment, as a sign, on the basis of which the evaluation, the comparison of alternatives, the classification of objects and phenomena is conducted, includes: 1) assessment of resource potential and opportunities for its development; 2) assessment of the level of efficiency of the use of resources, capital and labor and its compliance with the level in developed countries, as well as the level at which the threats of external and internal character are minimized; 3) assessment of the competitiveness of the economy; 4) assessment of the integrity of the territory and economic space; 5) assessment of the sovereignty of independence and the possibility of confronting external threats.

According to the scientist [5, 6], the following methods should be used to assess the level of use and development of strategic industrial potential: monitoring of the main macroeconomic indicators and their comparison with the world average; estimation of economic growth rates by means of dynamics of the main

macroeconomic indicators; methods of expert evaluation; methods for analyzing and processing scenarios; methods of optimization; theoretical game techniques; utility methods; methods of recognition images; methods of the theory of systems; methods of multidimensional statistical analysis.

The development of a complex of informational and analytical support for the management system for the development of the strategic potential of the industry should be based on the following principles: providing a one-time introduction of information at the points of its occurrence, as well as collective and multiple use of it; minimization of duplication of functional tasks of information processing by defining the subsystem, which is responsible for its implementation of providing all consumers of other subsystems; unification and standardization of tasks and subsystems of functional blocks and protocols of their information interaction in the same type of systems of one hierarchical level; organization of information provision and interaction on the basis of formation of a unified system of information and telecommunication interaction; the use of flexible instrumentation and modular structure of subsystems and system in general.

The construction of a system of informational and analytical sustention of management processes for the development of the strategic potential of the national economy involves the following stages:

1. Development of theoretical and methodological principles of information provision of the management system for the development of strategic potential of the real sector of the economy.
2. Analysis of the information and analytical sustention for the management system for the development of strategic industrial potential.
3. Development of the mechanism of management of the system of information and analytical sustention and automated processing of information management process for the development of strategic potential of the Ukrainian economy.

At the same time, the practical solution of such tasks should be ensured: a) automation of routine operations and transition to paperless information exchange; b) informational and analytical support of processes of preparation and acceptance of managerial decisions; c) the establishment of direct (horizontal) information links between the governing bodies; d) introduction of advanced technologies for the analysis and modeling of socio-economic processes; e) organization of scientific research in the economic, social and legal spheres [7].

It is problematic to estimate the significance of the contribution of the information resource to economic growth as a non-material factor, since this indicator should be calculated both through the innovative component and through the influence of the material component of the information resources and the human factor. The operation of multi-component systems can not be imagined without the use of modern information technologies, based on which economic information systems used to effectively process large amounts of data in computer systems of enterprises, and provide information support of management decisions.

The scope of the use of new information technologies and advanced communication tools is enormous [9, 10, 11, 12, 13, 14]. It includes various aspects, ranging from providing simple functions of service correspondence to system analysis and decision support:

- 1) technical support, that is, a set of means for the processing and transmission of information flows;
- 2) information support, which includes various directories, classifiers, means of formalized description of data;
- 3) mathematical support or a set of means for solving functional problems and other means of provision;
- 4) informational and methodological support, which determines terms and quality.

Consequently, the new level of complex study of the phenomenon of information potential analysis as a component of the process of transformation of the management system for the development of the strategic potential of industry in Ukraine needs to be reviewed in the context of social changes due to the disclosure of the reasons for its special significance at the present stage of socio-economic progress, with the transition to innovation development models and the need to ensure a sufficient level of economic security of the country. Hence, any forms of progress in the economic sphere can not be imagined without the use of modern technologies (based on economic information systems) as a key component of the information potential.

**Conclusion.** From the standpoint of the above material, it can be argued that the current stage of development of the national economy is characterized by the transition to the formation of an investment and innovation model of development and construction of the basis of European integration of Ukraine. Providing economic growth with investment-innovation orientation requires the transformation of the system-universal functioning potential, which envisages, first of all, the formation of the idea of the possibility of using the aggregate opportunities of the real economy to achieve the goals of balanced development; and secondly, the active use of modern management methods for balancing and determining strategic directions of development. In our opinion, the process of transformation of the strategic development management system is based on the principles of object-oriented design, such as encapsulation, imitation and polymorphism, which give the objects as components of the projected system new qualities. This will enable the development of adaptive technologies for managing the development of the strategic potential of Ukrainian industry. The analysis made it possible to conclude that the existing system for managing the development of the strategic potential of the national economy and industry requires the transformation, in particular, optimization of its structure and the elimination of those chains, mechanisms and regulators, which are characterized by low level of adaptation to changes in the environment, or insignificant influence on the acceleration of transformation processes in the system of the national economy, based on the implementation of targeted programs. Realization of these measures is undoubtedly connected with intensification of processes of building up and use of information potential.

The scientific novelty of scientific work is the recommendations for the development of the classification of certain modifications of constitutively key factors of influence on the rates of economic growth in the conditions of information economy formation, such as: **first**, the indicator of scientific and technological progress is functionally dependent on: a) the direction and pace of innovation development of the country; b) institutional architectonics; c) features of the functioning of the national economic system; d) the general level of accumulated knowledge, which are strategic resources of economic growth; **secondly**, informational and intellectual capital is also an endo- and exogenous variable, which depends on: a) the level of informatization of the individual production and the country as a whole; b) the development of traditional capital and knowledge of the enterprise or industry, allowing for new technological developments, maintaining the pace of production and rapidly introducing innovations; **thirdly**, the labor factor loses its quantitative significance for endogenously directed growth and is mainly determined by the quality of labor and human capital; **and lastly**, the traditional indicators of economic growth are changing: instead of GDP per capita, the amount of scientific developments and the number of patents, the creation of conditions for the introduction of advanced technologies and products is foreground. The development of further research in this direction should be aimed at studying the cognitive processes of production, expansion and intensification of intellectual activity, since the global economic system entered the era of global informatization.

### Literature

1. Bersutsky A. / Management of the resource potential of the enterprise: / A. Bersutsky; National Academy of Sciences of Ukraine. - Donetsk: Southeast, 2010. - 185 p.
2. Formation of the potential of socio-economic and organizational changes: Monograph / [edited by PhD in Economics I.A. Ignatieva, PhD in Economics V.V. Mykytenko]. - K.: RVPS of Ukraine of the National Academy of Sciences of Ukraine and KNUVD of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Publishing House PE "Vyschemirsky V. S.", 2010. - 694 p.
3. Mykytenko V.V., Alymov O. M. Strategic Potential - Cumulative Possibilities of the National Economy for Achieving the Purposes of Sustainable Development // Productive Forces of Ukraine. Scientific and Theoretical Economic Journal. K.: - RVPS NAS of Ukraine. - 2006. - No. 1. - P. 135-151.
4. Methods, models and information technologies in the management of economic systems of different levels of the hierarchy: Monograph / NAS of Ukraine; International Scientific and Training Center of Information Technologies and Systems / [Bakayev O. O., Bazhan L.I., Kaidan L.I., Kravchenko T. G., Kulyk V.V.]; O. Bakayev (ed.) - K.: Logos, 2008. - 743 p.
5. Chuprina M.O. Technology for managing the development of the strategic potential of the industry of the allocation-inversion type [Electronic resource] / M.O. Chuprina // Effective economics: scientific professional editions, 2012. - No. 6. – Retrieved from: <http://www.economy/nayka.com.ua>
6. Economic security of industry: target functional and management technologies: Monograph [Text] / V.V. Mykytenko, O.O. Demeshok / Edited by PhD in Econ., prof. Mykytenko V.V. - Kyiv, State Enterprise "Institute of the Natural Resources Economics and Sustainable Development of the National Academy of Sciences of Ukraine", Academician Yuri Bugay MNTU, Ministry of Education and Science of Ukraine. 2012 - 650 p.
7. Bondar O. Trends Opening New Horizons / O. Bondar // Business since January 19, 2016. – Retrieved from: <http://www.business-journal.51-52>
8. Report on the Global Indicator of Information and Communication Technologies Development (IDI) [Electronic resource] – Retrieved from: [http://www.mtic.gov.md/img/news/2010/03/indicele\\_IDI\\_2009\\_ru.pdf](http://www.mtic.gov.md/img/news/2010/03/indicele_IDI_2009_ru.pdf)
9. Tolbatov A. Data representing and processing in expert information system of professional activity analysis / Zaritskiy, O., Pavlenko, P., Tolbatov A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 831–833.
10. Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / Lavrov, E., Pasko, N., Krivodub, A., Tolbatov, A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 72–75.
11. Tolbatov A. Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity / Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., Tolbatov, V. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 83–87.
12. Tolbatov A. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / Zaritskiy, O., Pavlenko, P., Sudic, V., Tolbatov, A., Tolbatova, O., Tolbatov, V., Viunenko, O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 101–104.
13. Tolbatov A.V. Information technology of the work complexity optimization for metalworking machinery with flexible logic operations' dynamics analysis / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.A. Dobrorodnov // International scientific-technical magazine – Measuring and computing devices in technological processes. Hmelnytskyi. – 2014. – №3 – P.132-135.
14. Tolbatov A.V., Information technology architecture development for work complexity assessment algorithms implementation / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // Modern scientific research and their practical application. – Volume J21410. November 2014. – P. 166-170.

Рецензія/Peer review : 27.1.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

## ОЦІНКА АЛГОРИТМІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА В МОДУЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ НАВЧАННЯ

**Анотація.** У статті описується нова модель людино-комп'ютерного взаємодії в системі студент-комп'ютер. В якості базового математичного апарату обраний метод професора Губинського. Даний підхід дозволяє описувати й оцінювати діяльність оператора. Реальна діяльність в сучасних системах електронного навчання має складні алгоритми. Даний факт вимагає введення нових типових моделей для опису і оцінки людино-комп'ютерного взаємодії. У статті проведено змістовний аналіз діяльності студента в системі електронного навчання. Існують різні способи проводити діалог: застосовуючи різних процедур самоконтролю, застосовуючи підмодулі і різних процедур самоконтролю, застосовуючи підмодулі з різними рівнями складності і різні процедури самоконтролю. Виділена нову типову функціональну структуру. Запропоновано доповнити бібліотеку новою структурою для опису діяльності в системі електронного навчання. Для отримання кількісних значень ймовірно-часових показників якості виконання алгоритму діяльності отримана нові формули. Ці формули дозволяють розрахувати ймовірність безпомилкового відповіді на питання тестового контролю (шляхом застосування шкал оцінювання переводиться в оцінку) і математичне очікування часу навчання (для визначення ймовірності своєчасного завершення використовуємо допущення про нормальний закон розподілу часу). Формування вихідних даних для розрахунків є однією з основних проблем ергономічного моделювання. В даному дослідженні не може бути прийнято допущення «про середнього оператора». У разі достатньої кількості даних вирішується задача нейромережевої апроксимації (на вхід подаються параметри студента, модуля, технічних і програмних засобів, часових обмежень), інакше - реалізується технологія нечіткого логічного виводу. Результати комп'ютерного моделювання підтвердили працездатність виявленої моделі. Запропонована модель може бути застосовна в комплексі програм ергономічної підтримки.

**Ключові слова:** ергономіка, електронне навчання, математичне моделювання, алгоритми діяльності.

**NATALIA BARCHENKO**

Sumy National Agrarian University

## EVALUATION OF ALGORITHMS HUMAN OPERATOR IN A MODULAR E-LEARNING SYSTEM

**Abstract.** The article describes a new model of human-computer interaction in the student-computer system. The method of Professor Gubinsky was chosen as the basic mathematical apparatus. This approach allows you to describe and evaluate the activities of the operator. Real activity in modern e-learning systems has complex algorithms. This fact requires the introduction of new model models for the description and evaluation of human-computer interaction. In the article, the content analysis of the student's activity in the system of electronic learning is conducted. There are various ways to conduct a dialogue: using different for self-control, using submodules and various self-control procedures, using sub-modules with different levels of complexity and different procedures of self-control. A new, typical functional structure is singled out. It is proposed to supplement the library with a new structure for describing the activities of the e-learning system. To obtain quantitative values of probabilistic-time indicators of the quality of performance of the algorithm of activity, new formulas have been obtained. These formulas allow us to calculate the probability of an error-free answer to the questions of test control (by applying scales to the assessment) and the mathematical expectation of the training time (to determine the probability of timely completion we use assumptions about the normal law of time distribution). Formation of output data for calculations is one of the main problems of ergonomic modeling. In this study, the assumption of "the average operator" can not be accepted. In the case of a sufficient amount of data, the problem of the neural network approximation is solved (the parameters of the student, module, technical and software tools, time constraints are submitted to the input), otherwise - technology of fuzzy logic output is implemented. The results of computer simulation confirmed the performance of the identified model. The proposed model may be applicable in a set of ergonomic support programs.

**Keywords:** ergonomics, e-learning, mathematical modeling, algorithms of activity.

**Вступ.** Діалог в сучасній системі "студент-комп'ютер" може мати складну багатовариантну структуру, що може визначати деякі труднощі при прогнозуванні результатів діяльності. Підхід з моделювання людино-машинного взаємодії за допомогою функціональних мереж вперше був запропонований проф. Губінським А.І. Функціонально-структурна теорія ергатичних систем (ФСТ ЕТС) дозволяє описувати й оцінювати діяльність оператора [1]. Підхід до прогнозування результату діяльності в діалогових системах було розглянуто [2]. В роботі [3] було запропоновано застосувати апарат функціональних мереж для моделювання навчальної діяльності студента в системі «студент-комп'ютер». Реальна діяльність має більш складні алгоритми і вимагає введення нових типових структур для опису і розробки нових моделей для оцінки діяльності. Завдання полягає у виконанні ревізії та оцінки можливості застосування існуючих моделей, і визначити необхідність розробки нових моделей. Необхідно провести змістовний аналіз діяльності студента в системі «студент-комп'ютер» і при необхідності виділити нові типові функціональні структури (ТФС) для опису цієї діяльності.

**Основні стратегії діалогової взаємодії в системі електронного навчання.** При модульному підході до навчання навчальний матеріал розбивається на окремі блоки - модулі. Модулі можуть бути інформаційними і контролюючими (самоконтроль і результуючий контроль). При проходженні інформаційного модуля засвоюється певний обсяг знань. При проходженні контрольного модуля

визначається рівень якості засвоєних знань. Залежно від обраної стратегії вивчення, можливо відмінність в структурі діяльності оператора при вивченні матеріалу (рис.1).

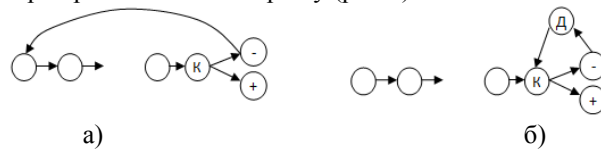


Рис.1 Основні стратегії в діалоговій системі "студент-комп'ютер"

Стратегія «а») відповідає послідовному вивченню модулів з подальшим підсумковим контролем. У разі незадовільного результату контролю відбувається повторне вивчення модулів. У стратегії «б») при незадовільному результаті контрольної процедури відбувається додаткове вивчення (немає необхідності знову проходити увесь матеріал) і повторний контроль. В термінах ФСТ ця процедура відповідає типовій функціональній одиниці (ТФО) – «робоча (доопрацювання)», вивчення модуля – ТФО «робоча», контроль навчання – ТФО «контроль функціонування».

Варіанти модулю досягаються за рахунок різних технологій навчання, реалізованих в модулі — наприклад, способами представлення матеріалу.

Існують різні способи проводити діалог:

- за рахунок різних процедур самоконтролю;
- за рахунок виділення підмодулів і різних процедур самоконтролю;
- за рахунок виділення підмодулів, їх рівнів складності і різних процедур самоконтролю.

Якщо для модуля реалізовані декілька процедур самоконтролю, то можлива реалізація діалогу з різними процедурами самоконтролю

Таким чином, проведений змістовний аналіз структур діалогової взаємодії в модульних системах навчання показав, що [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]:

– для опису діалогової взаємодії можуть бути застосовані типові функціональні елементи ФСТ ЕТС, які раніше використовувалися для опису діяльності операторів–технологів і операторів–маніпуляторів; при цьому можна описувати діалогову взаємодію на рівні модуля в цілому і на рівні окремих його підмодулів, в тому числі з урахуванням операцій самоконтролю і різних рівнів складності елементів модуля;

– для опису діалогових процедур в модульних системах можуть бути застосовані моделі опису типових функціональних структур ФСТ ЕТС, які раніше використовувалися для опису діяльності операторів–технологів і операторів–маніпуляторів;

– для оцінювання надійнісно–часових характеристик типових функціональних структур діалогової взаємодії «людина–комп'ютер» в модульних системах електронного навчання можуть бути застосовані моделі, отримані для надійнісно–часових показників ТФС функціонально–структурної теорії ЕТС, які раніше використовувалися для оцінки діяльності операторів–технологів і операторів–маніпуляторів, якщо змінити змістовне трактування показника, що характеризує безпомилковість таким чином: традиційний показник вірогідності безпомилкового виконання робочої операції трактувати як: «вірогідність вивчення матеріалу модуля (фрагменту модуля) з якістю, яка відповідає безпомилковим відповідям на усі питання підсумкового тестового контролю».

### **Аналіз і формальний опис типових структур діалогової взаємодії в модульних системах з розвиненим механізмом самоконтролю і коригування результатів.**

Як правило, розглянуті вище моделі характерні для традиційних моделей систем навчання. Істотний прогрес діалогових систем навчання, у тому числі розширення можливостей самодіагностики, зміни траєкторії навчання, переривання навчання і перехід на інший рівень, привели до якісно нових взаємозв'язків між ФО в структурах діалогу.

Нове покоління систем «людина–комп'ютер» [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] характеризується якісно іншими логико–функціональними зв'язками між елементами діалогу. Такі зв'язки не можуть бути описані за допомогою існуючих типових структур.

Дослідження процесу взаємодії в системах «людина–комп'ютер» [11, 12, 13, 14, 15] у рамках реальних систем дозволив виділити нові типові взаємозв'язки між ФО і нові ТФС.

Поява нових ТФС пов'язана з додатковою можливістю вибору альтернативних шляхів діалогу залежно від результатів самодіагностики (рис.2). Введення альтернативної операції дозволяє моделювати ситуації аналізу допустимої кількості помилкових відповідей при пробному тестуванні. Вихід 1 альтернативної операції реалізується в разі кількості помилкових відповідей менше критичного значення, тобто відповідає випадку, коли будь-які дії по реалізації додаткових діалогових процедур не потрібні. Вихід 2 реалізується в разі, коли кількість помилкових відповідей більше деякого критичного значення, тобто потрібні додаткові дії. Така ТФС може мати місце, коли реалізована можливість співвіднесення неправильних відповідей зі структурними елементами модуля, але ресурс часу не дозволяє провести додатковий самоконтроль після реалізації «доопрацювання».

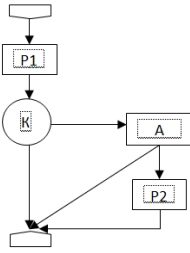


Рис. 2. Типові функціональні структури діяльності з елементами аналізу результатів самоконтролю «робоча з контролем, альтернативою і доопрацюванням»

**Розробка математичних моделей оцінювання надійнісно-часових характеристик для типових функціональних структур діяльності людини-оператора в модульних системах електронного навчання.**

В основу отримання набору формул для ТФС покладемо перехід від «графа робіт», відповідного ТФС, до «графа подій». Якщо скористатися цим прийомом, то виведення розрахункових моделей можна представити послідовністю наступних процедур [6, 10, 11, 12, 13, 14, 15]:

1. Побудова ймовірнісного графа. Ймовірнісний граф представлений на рис. 3.
2. Укрупнення ймовірнісного графа
3. Отримання аналітичних залежностей.

Вихідними даними для оцінки показників ефективності, якості і надійності є:

- $B_i^1$  ( $B_i^0$ ) – ймовірність вірного (невірного) відповіді на всі питання підсумкового тестування;
- $K^{11}$  ( $K^{10}$ ) – ймовірність того, що фактично вірну відповідь на питання тестування визнаний вірним (невірним);
- $K^{00}$  ( $K^{01}$ ) – ймовірність того, що фактично невірна відповідь на питання тестування визнаний невірним (вірним);
- $A_i$  – об'єктивна ймовірність вибору  $i$ -ї альтернативи;  $A_{ij}$  – ймовірність того, що при необхідності вибору  $i$ -ї альтернативи обрана  $j$ -я альтернатива.

Для побудови математичної моделі [9] позначимо події, пов'язані з виконанням операцій, що входять в ТФС. Вершини ймовірнісного графа (рис.3) відповідають наступним подіям:

- початок виконання структури (вершина 3);
- закінчення виконання робочої операції 1 і перехід до операції контролю (вершини 4, 5);
- вибір альтернативи (вершина 6);
- перехід до робочої операції 2 (доопрацювання) (вершина 7);
- завершення виконання структури (вершини 1, 2).

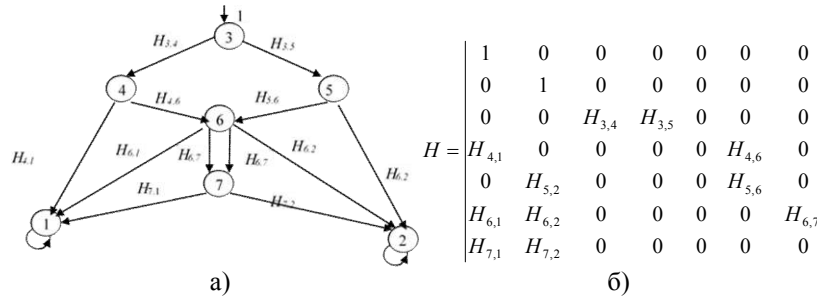


Рис.3. Граф подій ТФС і матриця H-функцій

H- функції дуг графа мають вигляд:  $H_{3,4}=B_1^1 L[F_p(t)]$ ,  $H_{3,5}=B_1^0 L[F_p(t)]$ ,  $H_{4,1}=K^{11} L[F_k(t)]$ ,  $H_{5,2}=K^{01} L[F_k(t)]$ ,  $H_{4,6}=K^{10} L[F_k(t)]$ ,  $H_{5,6}=K^{00} L[F_k(t)]$ ,  $H_{6,1}=A_1 A^{11} L[F_a(t)]$ ,  $H_{6,7}=H_{6,7}^1 + H_{6,7}^2$ ,  $H_{6,7}^1 = A_1 A^{12} L[F_a(t)]$ ,  $H_{6,7}^2 = A_2 A^{22} L[F_a(t)]$ ,  $H_{7,1}=B_2^1 L[F_p(t)]$ ,  $H_{7,2}=B_2^0 L[F_p(t)]$

де  $F_p(t)$ ,  $F_k(t)$ ,  $F_a(t)$  – закони розподілу часу на виконання робочої операції, контролю функціонування, вибору альтернативи. Укрупнимо граф (рис.4)

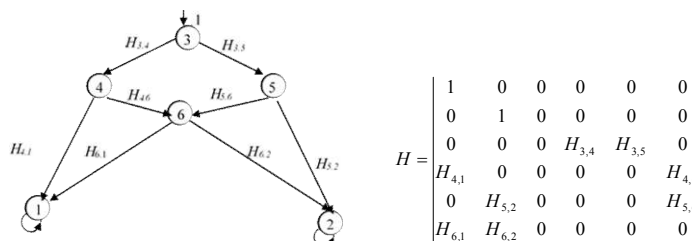


Рис.4 Укрупнений граф ТФС та H-функцій

Подальше укрупнення приводить до підсумкового ймовірнісного графа (рис.5):



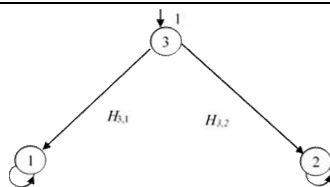


Рис.5 Підсумковий імовірнісний граф

Шляхом підстановки параметра  $s=0$ :

$V_{3,1}=H_{3,1}(0)$  – ймовірність того, що структура виконана з заданим рівнем якості.

$V_{3,2}=H_{3,2}(0)$  – ймовірність того, що структура виконана з рівнем якості менше заданого.

Використовуючи отримані результати, визначимо вірогідність безпомилкового виконання

$$\text{ТФС: } B = B_1^1 K^{11} + (B_1^1 K^{10} + B_1^1 K^{00})(A_1 A^{12} + A_2 A^{22})$$

Математичне сподівання часу виконання структури:

$$M(T) = M(Tp_1) + M(Tp_k) + \frac{M(T_A) * A_1 A^{11} + a * (M(T_A) + M(Tp_2))}{B_1^1 K^{11} + b * (A_1 A^{11} + a)}$$

$$\text{де } a = B_2^1 (A_2 A^{22} + A_1 A^{12}), \quad b = B_1^1 K^{10} + B_1^0 K^{00}$$

Ці формули дозволяють розрахувати ймовірність безпомилкового відповіді на питання тестового контролю (шляхом застосування шкал оцінювання переводиться в оцінку) і математичне сподівання часу навчання (для визначення ймовірності своєчасного завершення використовуємо допущення про нормальний закон розподілу часу) та можуть бути використані в системі ергономічної підтримки навчання [4]. Формування вихідних даних для розрахунків є однією з основних проблем ергономічного моделювання. В даному дослідженні не може бути прийнято допущення «про середнього оператора». У разі достатньої кількості даних вирішується задача нейромережевої апроксимації (на вхід подаються параметри студента, модуля, технічних і програмних засобів, часових обмежень), інакше - реалізується технологія нечіткого логічного виводу.

**Комп'ютерне моделювання.** Розглянемо моделювання процесу взаємодії в діалоговій системі "студент-комп'ютер". Нехай вихідні дані про показники якості студентів містяться в таблиці 1.

Показники якості контрольних процедур:  $K^{11}=0,9$ ;  $K^{10}=0,1$ ;  $K^{00}=0,99$ ;  $K^{01}=0,01$

Показники якості «альтернативи»:  $A^{11}=0,3$ ;  $A^{12}=0,7$ ;  $A^{22}=0,8$ ;  $A^{21}=0,2$ ;  $A_1=0,1$ ;  $A_2=0,9$

Математичне сподівання:  $M(Ta)=0,1$ ;  $M(Tk)=7$ ;  $M(Tp_1)=27$ ;  $M(Tp_2)=5$

Таблиця 1 – Показники успішності

Студенти	1	2	3	4	5	6
$B_1^1$	0,99	0,85	0,71	0,62	0,53	0,44
$B_2^1$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Результати комп'ютерного моделювання представлені на рис.6.

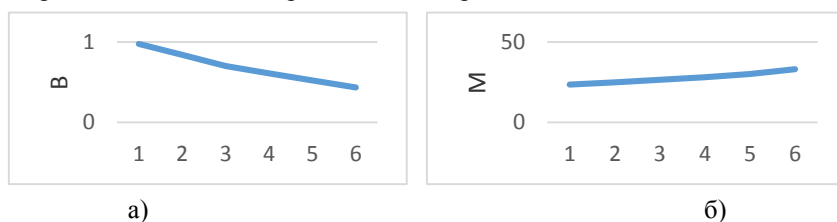


Рис.6 Моделювання ймовірнісно-часових показників ТФС

(а - ймовірності безпомилкового виконання, б – математичного сподівання часу виконання)

На рис. 6 видно, що зі зменшенням якості підготовки студентів а) зменшується ймовірність правильної відповіді на всі питання підсумкового тестування і б) зростає час навчання.

**Висновки.** Запропоновано доповнити бібліотеку ТФС новою структурою для опису діяльності в системі електронного навчання. Для отримання кількісних значень ймовірнісно-часових показників якості виконання алгоритму діяльності отримана нові формули.

### Література

1. Адаменко А. Н. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашерев, И. Л. Бердников и др.; под общ. ред. А. И. Губинского, В. Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
2. Лавров Е. А. Моделирование надежности человеко-машинных систем: учет ошибок разных типов / Е. А. Лавров, Н. Б. Пасько // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2007. – 2/2 (26). – С. 25-35.
3. Лавров Е. А. Концепция нейронно-функциональных сетей для моделирования человеко-машинного взаимодействия / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько, Н.Л. Барченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.–Харьков, 2007.–3/6(27).–С.58-62.

4. Барченко Н.Л. Інформаційна технологія агента-менеджера ергономічної підтримки електронного навчання // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», 2017. – 3. – С.100-105.
5. Толбатов А.В. Моделирование в освіті: Стан. Проблеми. Перспективи: Актуальні питання побудови системи моніторингу дистанційної освіти аграрних ВНЗ / За заг.ред. Соловйова В.М. - Черкаси: Брама, видавець Вовчок О.Ю., 2017. - 266 с.
6. Толбатов А. В. Розробка та підтримка інтелектуальної системи дистанційного навчання у ВНЗ / А. В. Толбатов, В. А. Толбатов, С. В. Толбатов, Д. І. Чететов // Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві та транспорті '2013: сб. науч. Тр. Sworld. – Івано-Франківськ, 2013. – Вып. 4 (13). – С. 18–22.
7. Толбатов А.В. Функції, основні складові та особливості моніторингу дистанційної освіти в ВНЗ / С.В. Агаджанова, О.Б. В'юненко, А.В. Толбатов, К.Х. Агаджанов-Гонсалес, В.А. Толбатов // Науковий журнал Новітні комп'ютерні технології – Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2017. – Том XV. – С. 131–139.
8. Tolbatov A.V. Modern technologies of distance learning in agrarian higher school / S.V. Ahadzhanova, K.H. Ahadzhinov-Gonsales, A.V. Tolbatov, O.I. Zorenko, V.H. Lohvinenko, N.L. Barchenko, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // SW Journal Pedagogy, Psychology and Sociology. – Volume J21508 (9). (November 2015). – P. 109-114. – URL: <http://www.sworld.com.ua/e-journal/j21508.pdf>
9. Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / Lavrov E., Pasko N., Krivodub A., Tolbatov A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13 Intern. Conference on TCSET 2016–Lviv-Slavske, 2016. – P. 72–75.
10. Tolbatov A. Data representing and processing in expert information system of professional activity analysis / Zaritskiy O., Pavlenko P., Tolbatov A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 831–833.
11. Tolbatov A. Information technologies in the educational process as the basis of modern distance learning / Viunenko O., Tolbatov A., Vyganyaylo S., Tolbatov V., Agadzhanova S., Tolbatov S. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 718–720.
12. Tolbatov A. Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems / Lavrov E., Pasko N., Barchenko N., Tolbatov A. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 88–91.
13. Tolbatov A. Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity / Lavrov E., Tolbatov A., Pasko N., Tolbatov V. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 83–87.
14. Tolbatov A. Using cloud technologies based on intelligent agent-managers to build personal academic environments in E-learning system / Agadzhanova S., Tolbatov A., Viunenko O., Tolbatova O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 92–96.
15. Tolbatov A. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / Zaritskiy O., Pavlenko P., Sudic V., Tolbatov A., Tolbatova O., Tolbatov V., Viunenko O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 101–104.

## References

1. Adamenko, A.N. Informacionno-upravljajushhie cheloveko-mashinnye sistemy: Issledovanie, proektirovanie, ispytaniya / A.N. Adamenko, A.T. Asherov, I.L. Berdnikov i dr.; pod obshh. red. A.I. Gubinskogo, V.G. Evgrafova. – M.: Mashinostroenie, 1993. – 528 s.
2. Lavrov, E. A. Modelirovanie nadezhnosti cheloveko-mashinnykh sistem: uchet oshibok raznykh tipov / E. A. Lavrov, N. B. Pas'ko // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij. – Har'kov, 2007. – 2/2 (26). – S. 25-35.
3. Lavrov, E. A. Konceptsiya nejronno-funkcional'nykh setej dlja modelirovanija cheloveko-mashinnogo vzaimodejstvija / E. A. Lavrov, N. B. Pas'ko, N. L. Barchenko // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij. – Har'kov, 2007. – 3/6 (27). – S. 58-62.
4. Barchenko, N.L. Informacijna tehnologija agenta-menedzhera ergonomichnoi' pidtrymky elektronnoho navchannja // Mizhnarodnyj naukovotekhnichnij zhurnal «Vymirjuval'na ta obchysljuval'na tehnika v tehnologichnykh procesah», 2017. – 3. – S.100-105.
5. Tolbatov A.V. Modelyuvannya v osviti: Stan. Problemy. Perspektyvy: Aktual'ni pytannya pobudovy systemy monitorynhu dystantsiynoi osvity ahrarnykh VNZ / Za zah.red. Solovyova V.M. - Cherkasy: Brahma, vydavets' Vovchok O.Yu., 2017. - 266 s.
6. Tolbatov A. V. Rozrobka ta pidtrymka intelektual'noi systemy dystantsiynoho navchannya u VNZ / A. V. Tolbatov, V. A. Tolbatov, S. V. Tolbatov, D. I. Chechetov // Perspektivnye innovatsii v nauke, obrazovanii, proizvodstve i transporte '2013: sb. науч. Тр. Sworld. – Івано-Франківськ, 2013. – Вып. 4 (13). – С. 18–22.
7. Tolbatov A.V. Funktsii, osnovni skladovi ta osoblyvosti monitorynhu dystantsiynoi osvity v VNZ / S.V. Ahadzhanova, O.B. V"yunenko, A.V. Tolbatov, K.Kh. Ahadzhinov-Honsales, V.A. Tolbatov // Naukovyy zhurnal Novitni komp'yuterni tekhnolohiyi – Kryvyy Rih : Vydavnychyy tsentr DVNZ «Kryvoriz'kyj natsional'nyy universytet», 2017. – Том XV. – С. 131–139.
8. Tolbatov A.V. Modern technologies of distance learning in agrarian higher school / S.V. Ahadzhanova, K.H. Ahadzhinov-Gonsales, A.V. Tolbatov, O.I. Zorenko, V.H. Lohvinenko, N.L. Barchenko, V.A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // SW Journal Pedagogy, Psychology and Sociology. – Volume J21508 (9). (November 2015). – P. 109-114. – URL: <http://www.sworld.com.ua/e-journal/j21508.pdf>
9. Tolbatov A. Mathematical models for the distribution of functions between the operators of the computer-integrated flexible manufacturing systems / Lavrov E., Pasko N., Krivodub A., Tolbatov A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13 Intern. Conference on TCSET 2016–Lviv-Slavske, 2016. – P. 72–75.
10. Tolbatov A. Data representing and processing in expert information system of professional activity analysis / Zaritskiy O., Pavlenko P., Tolbatov A. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 831–833.
11. Tolbatov A. Information technologies in the educational process as the basis of modern distance learning / Viunenko O., Tolbatov A., Vyganyaylo S., Tolbatov V., Agadzhanova S., Tolbatov S. / 2016 Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016 – Lviv-Slavske, 2016. – P. 718–720.
12. Tolbatov A. Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems / Lavrov E., Pasko N., Barchenko N., Tolbatov A. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 88–91.
13. Tolbatov A. Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity / Lavrov E., Tolbatov A., Pasko N., Tolbatov V. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 83–87.
14. Tolbatov A. Using cloud technologies based on intelligent agent-managers to build personal academic environments in E-learning system / Agadzhanova S., Tolbatov A., Viunenko O., Tolbatova O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 92–96.
15. Tolbatov A. Theoretical bases, methods and technologies of development of the professional activity analytical estimation intellectual systems / Zaritskiy O., Pavlenko P., Sudic V., Tolbatov A., Tolbatova O., Tolbatov V., Viunenko O. / 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings – Lviv, 2017. – P. 101–104.

## СИСТЕМНО - СТРУКТУРНІ РІВНІ ШТАМП - НАПІВФАБРИКАТІВ В МЕТРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КІБЕР - ФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ

*Проаналізовано розроблена модель створення ієрархічних системно - структурних рівнів декомпозиції деталей штамп - напівфабрикатів в кібер - фізичній системі виготовлення деталей штампів. У такій кібер системі датчики, устаткування і інформаційні системи сполучені упродовж усієї спільної роботи, що виходить за рамки одного підприємства. Такий кібер - фізичною системою (Industry 4.0) є кібер - фізична система виготовлення деталей штампів. Основою, якою є, - інтегрована інформаційно- вимірювальна система виготовлення деталей штамп - напівфабрикатів, які мають ієрархічні системно- структурні рівні. Кожен з рівнів полягає з кількісного числа, складових  $f_n=f^m$  і підтверджується графічним зображенням. Досліджується випадок ієрархічної системи з двома рівнями (верхнім:плітати і нижнім) і двома підсистемами на нижньому рівні (виштовхування і знімання). Підсистема виштовхування полягає з чотирьох виштовхувачів і траверси, які приводяться в рух від преси, - виштовхуючи вирубану деталь з матриці. Підсистема зняття смуги або стрічки з пуансон - матриці полягає з: пружин або гуми. Зусилля спрямоване з низу вгору. Виготовлення штампів для конкретної деталі розглядаються далі.*

**Ключеві слова:** кібер – фізична система, інформаційно – технологічна система, ієрархічні системно - структурні рівні, підсистема виштовхування, підсистема зняття смуги, система виготовлення деталей штамп – напівфабрикатів.

G. KLESCHEV

Odesa state academy of the technical adjusting and quality, Odesa

## SYSTEM ARE STRUCTURAL LEVELS STAMP - READY-TO-COOK FOODS IN METROLOGY PROVIDING CYBERBUCK IS THE PHYSICAL TO SYSTEM MAKING DETAILS OF STAMPS

*It is analysed the worked out model of creation of ієрархічних системно- of structural levels of decoupling of details stamp - ready-to-cook foods in a cyberbuck - to the physical system of making of details of stamps. In such the cyberbuck to the system sensors, equipments and informative systems united during all joint work which will nurse for the scopes of one enterprise. Such cyberbuck - the physical system (Industry 4.0) is a cyberbuck - physical system of making of details of stamps. By basis which is, - informatively - is computer-integrated measuring system of making of details stamp - ready-to-cook foods which have hierarchical system - structural levels. Each of levels consists from a quantitative number, constituents of  $f_n=f^m$  and confirmed by a graphic image. The case of the hierarchical system is investigated with two levels (overhead : by flags and lower) and two subsystems at bottom level (extrusion and output). The subsystem of extrusion consists from four to push traverses which are operated from a press, - pushing the cut down detail from a matrix. Subsystem of removal of stripe or ribbon from puncheon - consists from a matrix: springs or rubber. Directed effort from a bottom upwards. Making of stamp for a concrete detail is examined farther.*

**Keywords :** a cyberbuck is the physical system, informatively is the technological system, hierarchical system - structural levels, subsystem of extrusion, subsystem of removal of stripe, system of making of details stamp - ready-to-cook foods.

### Вступ

У наші дні нестримно розвиваються елементи промисловості майбутнього, орієнтованої на взаємодію деталей у виробництві і кінцевій продукції без участі людини, так званий "Індустрії 4.0" (Industry 4.0).

### Проблеми

Не дивлячись на то, що нині в багатьох компаніях, дослідницьких центрах і університетах концепція Industry 4.0 у фокусі уваги, загального визначення цього поняття не існує. За результатами аналізу 51 - ої публікації Industry 4.0 - це збиральний термін для технологій і концепцій організації ланцюжка створення вартості (Industrie 4.0). У рамках модульно - структурованих "Розумних підприємств" кіберфізические системи (КФС) відстежують фізичні процеси і приймають децентралізованые (локальні) рішення.

### Мета роботи

Подальше вдосконалення технологічних процесів, швидкого і усебічного метрологічного забезпечення активним лазерним контролем деталей штампів в середовищі кібер - інтегрованої інформаційно - вимірювальній системи виготовлення деталей штампів.

Основні результати досліджень

Такий кібер - фізичною системою (Industry 4.0) є кібер - фізична система виготовлення деталей штампів (КФС ВДШ). Основою, якою є, - інтегрована інформаційно - вимірювальна система (І ІВС) виготовлення деталей штамп - напівфабрикатів, які мають ієрархічні системно - структурні рівні[1,2].

Ця кібер система через обчислювальний блок управляє : виконавчими механізмами і датчиками виміру, а також взаємодіє із зовнішнім середовищем: заводами - замовниками штампів. Велику роль в кібер системі належить деталям штамп - напівфабрикатів, за допомогою яких здійснюється перехід від одиничного проектування до серійного виготовлення цих деталей в металі.

Модель деталей штамп - напівфабрикатів у КФВ ВДШ має, взагалі, ієрархічні системно- структурні рівні. Ієрархічні системно- структурні рівні декомпозиції деталей у штамп- напівфабрикатів представлені нижче на рис.1 і складаються з шести урщвней (0-5).

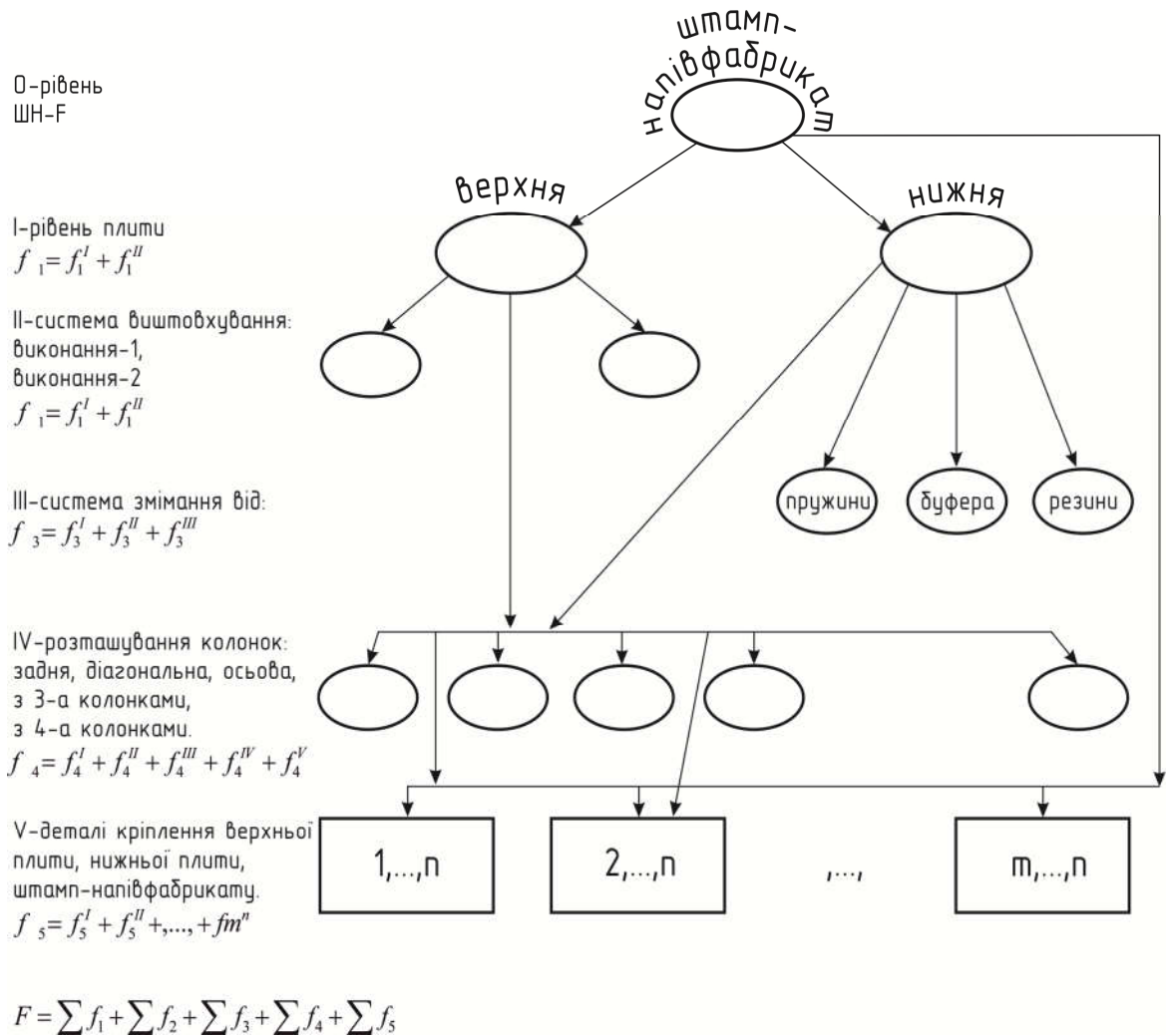


Рис. 1 - Ієрархічні системно-структурні рівні декомпозиції деталей у штамп-напівфабрикатів

Досліджуємо випадок ієрархічної системи з двома рівнями (верхній плитой і нижній плитой) і двома підсистемами на нижньому рівні (виштовхування і знімання). Розглянемо два випадки.

1. На верхньому рівні вимагається максимізувати цільову функцію верхнього рівня  $f(x_{\max}(u), y_{\max}(v), u, v)$ , де змінні  $x_{\max}(u), y_{\max}(v)$  знаходяться в результаті максимізації цільових функцій нижнього рівня

$$g(x,u) \rightarrow \max, h(y,v) \rightarrow \max, x \quad u, \text{ тобто}$$

$$g(x_{\max}(u), u) \geq g(x, u), h(y_{\max}(v), v) \geq h(y, v),$$

а параметри управління  $u, v$  задаються на верхньому рівні так, щоб максимізувати цільову функцію верхнього рівня. Цільові функції  $g(x, u), h(y, v)$  передбачаються гладкими і строго опуклими вгору,

що забезпечує єдиність точок максимуму. Для простоти запису викладень змінні  $x, y, u, v$  припускаємо скалярними. Векторний випадок розглядається абсолютно аналогічно.

2. Цільова функція верхнього рівня залежить від зовнішніх параметрів  $p_1, p_2$ .

$$f(x_{\max}(u), y_{\max}(v), u, v, p_1, p_2)$$

Вимагається вказати визначення оптимальних параметрів управління  $u, v$ , як функцій зовнішніх параметрів  $p_1, p_2$  (розміри плит). При цьому, істотним є об'єм необхідних обчислень. До завдань типу 1, 2 шляхом дискретизації за часом зводяться і завдання знаходження оптимальних функцій  $u(t)$ , що управляють,  $v(t)$  у разі динамічних ієрархічних багаторівневих систем, коли замість цільових функцій верхнього рівня максимізувався інтегральний функціонал виду

$$\int_{t_n}^{t_1} f\left(t, x \cdot (t), y^*(t), \frac{dx^*}{dt}, \frac{dy^*}{dt}, u(t), v(t), p1(t), p2(t)\right) dt$$

$x^*(t), y^*(t)$  доставляють максимум функціоналам нижнього рівня

$$\int_{t_n}^{t_1} g(t, x(t), \frac{dx}{dt}, u(t)) dt \quad \int_{t_n}^{t_1} g(t, x(t), \frac{dy}{dt}, v(t)) dt$$

а  $u(t), v(t)$  – функція управління і  $p_1(t), p_2(t)$  – зовнішні параметричні функції. Розв'язання задачі 1 поєднанням методу Ньютона і теорії неявних функцій. Введемо позначення для приватних похідних

цільової функції верхнього рівня  $f_1 = \frac{df}{dx_{\max}}, f_2 = \frac{df}{dy_{\max}}, f_u = \frac{df}{du}, f_v = \frac{df}{dv}$ , а також

$$x_{\max}(u) = a(u), y_{\max}(v) = \beta(v)$$

Тоді необхідні (а при наших пропозиціях і достатні) умови максимуму цільової функції верхнього рівня мають вигляд

$$\begin{cases} f_1(a)u, \beta(u), u, v \cdot a'(u) + f_u(a)u, \beta(u), u, v = 0 \\ f_2(a)u, \beta(u), u, v \cdot \beta'(u) + f_v(a)u, \beta(u), u, v = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для знаходження оптимальних параметрів управління  $u^*=u_{\max}, v^*=v_{\max}$ , тобто розв'язання системи (1), можна застосувати метод Ньютона. Виберемо початкові параметри  $u_0$ , що управляють,  $v_0$ . Знайдемо  $a,$

$\beta(v_0)$ . Нехай  $\varphi(x, u) = \frac{\partial g(x, u)}{\partial x}, \psi(y, v) = \frac{\partial h(x, u)}{\partial y}$  тоді з визначення функцій

$$\varphi(a(u), u) = 0, \psi(\beta(v), v) = 0 \quad (2)$$

Вирішуючи рівняння (2) при  $u=u_0, v=v_0$  методом Ньютона (тобто в нашому випадку дотичних), знаходимо  $a(u_0), \beta(v_0)$ . Позначимо

$$s(u, v) = f_1(a)u, \beta(v), u, v \cdot a'(u) + f_u(a)u, \beta(u), u, v \quad (3)$$

$$p(u, v) = f_2(a)u, \beta(v), u, v \cdot \beta'(u) + f_v(a)u, \beta(u), u, v \quad (4)$$

Тоді система (1) переписеться у вигляді  $s(u, v)=0, p(u, v)=0$

Для застосування методу Ньютона треба знати приватні похідні

$$S_u = \frac{\partial s}{\partial u}, S_v = \frac{\partial s}{\partial v}, P_u = \frac{\partial p}{\partial u}, S_v = \frac{\partial p}{\partial v}, \text{ отримуємо}$$

$$S_u = \frac{\partial f_1}{\partial a} a'(u) + \frac{\partial f_1}{\partial u} a'(u) + f_1 \cdot a''(u) + \frac{\partial f_u}{\partial a} a'(u) + \frac{\partial f_u}{\partial a} \quad (5)$$

$$S_v = \frac{\partial f_1}{\partial \beta} \beta'(u) + \frac{\partial f_1}{\partial v} a'(u) + f_1 \cdot a''(u) + \frac{\partial f_u}{\partial a} \beta'(u) + \frac{\partial f_u}{\partial v} \quad (6)$$

$$P_v = \frac{\partial f_1}{\partial \beta} \beta'(v) + \frac{\partial f_2}{\partial u} \beta'(v) + \frac{\partial f_u}{\partial a} a'(u) + \frac{\partial f_u}{\partial v}$$

$$p_v = \frac{\partial f_2}{\partial \beta} \beta'(u) + \frac{\partial f_2}{\partial u} \beta'(v) + f_2 \cdot \beta''(u) + \frac{\partial f_v}{\partial \beta} \beta'(u) + \frac{\partial f_u}{\partial v}$$

$$3 (2) \text{ отримуємо } a' = -\frac{\frac{\partial \varphi}{\partial u}}{\frac{\partial \varphi}{\partial a}} \quad \beta' = -\frac{\frac{\partial \psi}{\partial v}}{\frac{\partial \psi}{\partial \beta}} \text{ звідки}$$

$$a''(u) = -\left( \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u \partial a} a'(u) + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2} \right) \frac{\partial \varphi}{\partial a^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial u} \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial a} a' + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial a \partial u} \right) \right) \left( \frac{\partial \varphi}{\partial u} \right)^{-2} \quad (7)$$

$$\beta''(u) = -\left( \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial v \partial \beta} \beta'(v) + \frac{\partial^2 \psi}{\partial v^2} \right) \frac{\partial \psi}{\partial \beta^2} - \frac{\partial \psi}{\partial v} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial \beta} \beta'(v) + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \beta \partial v} \right) \right) \left( \frac{\partial \psi}{\partial \beta} \right)^{-2} \quad (8)$$

Нехай  $H(u, v) = \begin{bmatrix} S_u S_v \\ P_u P_v \end{bmatrix}$  з формул (3) – (8) знаходимо матрицю  $H$

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix} - H^{-1}(u_0, v_0) \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix}.$$

Тоді наступні наближення за методом Ньютона задаються формулою

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix} - H^{-1}(u_0, v_0) \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix}.$$

де  $H^{-1}$  – зворотна матриця до матриці  $H$ . Значення  $a(u_1)\beta(u_1)$  знаходимо методом Ньютона (дотичних), використовуючи  $a(u_0)\beta(u_0)$  як початкове наближення. Далі ведемо розрахунок після формул

$$\begin{bmatrix} u_{n+1} \\ v_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_n \\ v_n \end{bmatrix} - H^{-1}(u_n, v_n) \begin{bmatrix} u_n \\ v_n \end{bmatrix}.$$

де  $a(u_1), \beta(u_1)$  знаходяться методом Ньютона (дотичних),

використовуючи  $a(u_1), \beta(u_1)$  якості початкового наближення, що дозволить скоротити число ітерацій для їх знаходження.

До завдань розглянутого типу зводяться і завдання оптимального управління динамічними багаторівневими ієрархічними системами. У разі двох рівнів і двох підсистем нижнього рівня, ці завдання мають наступний вигляд. На верхньому рівні максимізувався інтегральний функціонал якості

$$\int_{t_n}^{t_1} f(\bar{x}_{\max}(t), \bar{x}'_{\max}(t), \bar{y}_{\max}(t), \bar{y}'_{\max}(t)) \bar{u}(t), \bar{u}(t)) dt \rightarrow \max$$

де функції  $\bar{x}_{\max}(t), \bar{y}_{\max}(t)$  знаходяться з умови максимальності функціоналів якості нижнього рівня

$$\int_{t_n}^{t_1} g(\bar{x}(t), \bar{x}'(t), u(t)) dt \xrightarrow{\bar{x}(t)} \max \quad \int_{t_n}^{t_1} h(\bar{y}(t), \bar{y}'(t), v(t)) dt \xrightarrow{\bar{y}(t)} \max$$

а  $\bar{u}(t), \bar{v}(t)$  -вектори – функції, що управляють.

Виготовлення штампу для конкретної деталі виконується таким чином: обирається відповідний типорозмір штамп-напівфабриката, який розроблений однією управляючою програмою для всіх типорозмірів одного типорозміру, і з цього блоку допрацьовуються деталі пакету по УП для поверхонь інструменту штампу для кожної деталі замовника. Дослідження багаторівневої ієрархічної системи управління, якою є КФС ВДШ, а в неї штамп-напівфабрикатів є одним з важливих напрямків системного аналізу[4,6].

**Висновки**

За "Новою технологією" деталі блоку, які входять в штамп - напівфабрикат, дали можливість формувати "партії" одинрозмірних деталей і перейти від одиничного проектування до серійного виготовлення їх в металі [3,5]. Партії можуть містити: 20, 50, 100 і більше деталей, а робітник не перебудовуватиметься зміну, дві зміни і так далі. Такий підхід дає можливість сконцентрувати метрологічні засоби виміру - активний лазерний контроль для: токарних, фрезерних і шліфувальних операцій. Ієрархічні системно-структурні рівні декомпозиції деталей у штамп-напівфабрикатів, дають наочне уявлення про особливу складність штампів холодного листового штампування.

**Література**

1. Клещев Г. М. Патент № 111088 "Спосіб реалізації активного методу вимірювання і корегування зносу інструменту з використанням лазерних приладів на основі інтегрованої системи автоматизації виробництва штампів", зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі опубл. 25.10.2016. Бюл. № 20.
2. Клещев Г. М. Патент № 48027. "Метод інтегрованої наскрізної підготовки виробництва та виготовлення деталей штампів", зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
3. Клещев Г. М. Нова технологія виробництва штампів холодного листового штампування для будівництва і сільгоспмашинобудування/Г. М. Клещев, Л.В. Коломиец, М. Г. Клещев// Збірник Міжнародних науково-технічних праць MOTROL'2014, Том15, №1 LUBLIN, Польща, С. 157-161
4. Клещев Г.М. Адаптивна наскрізна комп'ютерна технологія управління підготовкою виробництва та виготовлення деталей штампів на базі штамп - напівфабрикатів/ Г.М. Клещев. – Одеса. // Під загальною редакцією доктора технічних наук, професора Л.В. Коломійця. 2010.- 283с.
5. Клещев Г.М. Лазерные средства измерения активного процесса контроля инструмента штампов холодной листовой штамповки/Г.М.Клещев и др.//Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Хмельницький. Вип №1. 2015. С.204-208.
6. Клещев Г.М. Реалізація методології метрологічних методів в кібер – інтегрованої інформаційно – вимірювальній системі/Г.М.Клещев//Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Хмельницький. Вип №3. 2017. С.113-116.

**References**

1. Kleshev G. Patent № 111088 "Sposiv realizazii aktivnogo metody vumiryvanna i koregyvanna znochy instrymenty s vukoristannam lazernyx pruladiv na osnovi integrovanoi systems of the avtomatuzazi vurobnuzva stampiv", zareestrovano v Derzavnomy reestri patentiv Ukrainu na korusnu modely. 25.10.2016, bul. № 20.
2. Kleshev G. Patent № 48027 «Metod integrovanoi naskriznoi pidgotovki vurobniztva ta vugotovlennja stampiv», zareestrovano v Derzavnomy reestri patentiv Ukrainu na korusnu modely. 10.03.2010, bul. № 5.
3. Kleshev G. Nova texnologia proizvodstva stampov xolodnoiy listovoi schtampovki dla stroitelstva I selxozmaschinostroenia/G.Kleshev, L. Kolomiez, M. Kleshev//Zbornik Misxnarodnux naykovo - texnisxnx praz MOTROL'2014, Tom15, №1 LUBLIN, Polyscha, C.157- 161.
4. Kleshev G. Adaptive naskrizna komp'uterna texnologia upravlenia pidgotovkoy vurobnuztva ta vurotovlenna detales stampivna base stamp- napivfabrukativ/G. Kleshev.- Odesa.// Pid zagalnoy redakziej doktora tehniznuh nauk, profesora L. Kolomieza .2010.-283c.
5. Kleshev G. Lazernue sredstva izmerenia aknivnogo kontrola instrumenta stampov xolodnogo listovogo stampovki/ G. Kleshev, A. Bilichenko i dr.//Vymirjuvalna ta obchyslyvalna tehnik v tehnologichnyx procesax. Xmelniczkiy. Vup №1. 2015. S.204-208.
6. Kleshev G. Realizazii metodologii metrologiznux metodiv v kiber-integrovanoi informaziino-vumiruvalnoi sustemi/G. Kleshev//Vymirjuvalna ta obchyslyvalna tehnik v tehnologichnyx procesax. Xmelniczkiy. Vup №3. 2017. C.113-116.

Рецензія/Peer review : 27.2.2018 р.

Надрукована/Printed : 9.4.2018 р.

Рецензент :



## АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА СПРЕДІВ

**Анотація.** Для визначення якості кожного харчового продукту, в нашому випадку спреда, необхідно не лише проаналізувати його органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники. Такі дані дозволяють оцінити вже готовий продукт - необхідно провести детальний аналіз всього його виробництва. У статті проведено аналіз особливостей виробництва спредів: ціннісні характеристики різних видів спредів, їх користь чи шкідливість для організму людини, стан світового ринку реалізації спредів та масла, особливості технології та способів його виробництва, переваги та недоліки різних способів виробництва спредів, проаналізовано якість готової продукції в залежності від використаної сировини. Дані напрямки дослідження показують спред як цінний та збалансований харчовий продукт, що не несе шкоди для нормальної життєдіяльності організму людини. Тому вважається затребуваним на усьому світовому ринку. Його відносно проста технологія та способи виробництва давно всім відомі, і в той же час, постійно вдосконалюються. Ці способи дозволяють виготовити цінний харчовий продукт, що готовий до реалізації, але виникають складнощі в отриманні стабільності жирової емульсії.

При вживанні різних видів спредів організм людини насичуватиметься як тваринними, так і рослинними жирами, що необхідні для його нормальної життєдіяльності. При використанні якісної сировини на виході матимемо продукт, який користуватиметься шаленим попитом серед споживачів. Ринок України розширюватиметься і як раніше буде великим експортером спредів і масла. Самі ж виробники постійно збільшуватимуть свій асортимент та розроблятимуть ще ефективніші способи виробництва власної продукції.

**Ключові слова:** спред, рослинна олія, вершки, емульсія, суміш, перетворення високожирних вершків, збивання вершків, наповнювачі, попит, якість готової продукції.

UDC 439.02:664

A.V. TOLBATOV, V.V. PONPA, O.O. TOLBATOVA

Sumy National Agrarian University, Sumy

## ANALYSIS OF SPREADS MANUFACTURING

**Annotation.** In order to determine the quality of each food product, in our case of spread, it is necessary not only to analyze its organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters. Such data allows us to evaluate the ultimate product - it is necessary to carry out a detailed analysis of its entire manufacturing. For residents of Western Europe and North America, spreads for many years are part of the daily diet as a product that complements or completely replaces butter.

Thus, the article analyzes the peculiarities of the production of spreads: the value characteristics of different types of spreads, their usefulness or harm to the human body, the state of the world market for the implementation of spreads and oils, the peculiarities of technology and methods of its production, the advantages and disadvantages of different methods of production of spreads, the quality of the finished products depending on the raw material used. These trends indicate the spread as a valuable and balanced food product that does not harm the normal life of the human body. Therefore, it is considered to be in demand throughout the world market. Its relatively simple technology and methods of production have long been known to all, and at the same time, are constantly being refined. These methods allow you to make a valuable food product that is ready for sale, but there are difficulties in obtaining the stability of the fatty emulsion.

When using different types of spreads, the human body will be fed with both animal and vegetable fats, which are necessary for its normal livelihoods. When using high-quality raw materials at the output, we will have a product that will be used by crazy consumer demand. Ukraine's market will expand and will soon be a major exporter of spreads and oils. The producers themselves will constantly increase their range and develop even more efficient ways to produce their own products.

Using the appropriate raw materials and technological features, as a result, we will have a high-quality spread.

**Key words:** spread, vegetable oil, cream, emulsion, mixture, transformation of high-fat cream, cream mixing, fillers, demand, quality of end products.

**Вступ.** Світовий ринок харчових продуктів не стоїть на місці [1 – 13]. Він постійно надає своєму споживачу новий вид продукції, яка його зацікавить, а в подальшому буде користуватись шаленим попитом. Так, на давно всім відоме вершкове масло з'явився аналог в результаті еволюційних змін в масложировому секторі харчових продуктів. Такий продукт отримав назву «спред». Його назва запозичена з англійської мови і дослівно перекладається «те, що намазується».

В мешканців Західної Європи та Північної Америки спреди вже багато років входить у щоденний раціон як продукт, що доповнює чи повністю замінює вершкове масло. У нас прийнято вважати, що спреди користуються масовим попитом, так як вони дешевші вершкового масла, але, насправді, це не зовсім так.

В загальному визначенні з прийнятим ДСТУ 4445:2005 "Спреди та суміші топлени жиrowі. Загальні технічні умови" спреди представляють собою емульсований жировий продукт з масовою часткою загального жиру від 39 до 95 %. Володіє пластичною, легко мажучою консистенцією. Виробляється з молочного жиру і (або) вершкового масла, і (або) вершків, і (або) переетерифікованих, натуральних і (або) фракційних, і (або) гідрогенізованих рослинних олій, і (або) їх композицій. Допускається додавання харчосмакових добавок, ароматизаторів і вітамінів.

В залежності від співвідношення тваринних і рослинних жирів спреди діляться на три підвиди: 1) рослинно-вершкові містять від 15 до 49 % молочного жиру; 2) вершково-рослинні, які містять більше 50 %

молочного жиру (найбільше наближений до натурального вершкового масла); 3) рослинно-жирові не містять молочного жиру (практично чистий маргарин).

Популярності спред отримав через корисність продукту, вмістом жиророзчинних вітамінів, низьким змістом (або навіть відсутністю) тваринних жирів, які є джерелом холестерину. Він відноситься до низькокалорійних типів продуктів, але має високу ступінь поживності. Тобто, він здатний втамувати голод і не прибавити зайвої ваги. Дану продукцію можливо зберігати достатньо довгий час. До його складу входять безліч вітамінів, які покращують стан здоров'я людини, запобігають появі нових захворювань та уповільнюють процес старіння організму. Окрім того, спред має більш м'яку консистенцію, що дозволяє більш ширше використовувати його в кулінарії в порівнянні з маслом. В той же час залишається головне – якісні спреди мають такі ж смакові властивості як і вершкове масло.

### Основна Частина.

Для того, щоб правильно оцінити корисність чи шкідливість спредів для організму людини, необхідно проаналізувати особливості сировини, яка входить до його складу.

Так, при покупці спреду обов'язково потрібно звертати свою увагу на його склад, оскільки його якість напряму залежить від типу рослинного жиру, що був використаний при виробництві. Наприклад, гідрогенізований жир являється дуже небезпечним для організму і здоров'я людини. Його небезпечність полягає в тому, що до його складу входять транс-ізомери, які здатні викликати порушення нормальної діяльності судин та серця. Для пониження ризику виникнення захворювань кров'яної системи рекомендують вживати рослинний спред у складі якого міститься пальмова олія. Вона не несе шкоди для здоров'я людини, оскільки являється натуральним продуктом. Слід пам'ятати що для нормального функціонування організму людини в її організм повинні надходити як тваринні (насичені), так і рослинні (ненасичені) жири. Цінність жирів полягає у їхній хімічній будові, а також відсутності чи наявності подвійних зв'язків. Якщо ці зв'язки відсутні, то жир насичений. Такі жири необхідні для роботи мозку, центральної нервової та дихальної системи. Насичені тваринні жири (в тому числі і холестерин) беруть участь в синтезі тестостерону, в той же час, як і ненасичені жири, що необхідні для розчинення вітамінів (жиророзчинних). Окрім того, з них складаються всі мембрани клітин. Таким чином, при вживанні спредів з якісної сировини і нормальним співвідношенням жирних кислот наш організм буде правильно працювати та розвиватись не порушуючи нормальну життєдіяльність. Та наскільки б корисним не був продукт, сучасні виробники прагнуть здешевити своє виробництво, щоб їхній продукт був більш доступний для різних верств населення у ціновому значенні. При цьому втрачається якість готової продукції, через використання більш дешевої і менш якісної сировини. Напевно саме через це на українському ринку масла і спредів спостерігається тенденція до скорочення виробництва спредів і збільшенню виробництва натурального вершкового масла. Варто згадати, що Україна є нетто-імпортером вершкового масла і спредів, а за останні декілька років імпорт даного виду продукту збільшився, а експорт значно скоротився. А серед вершково-рослинних сумішей, які постачаються за кордон, тільки половина є справжнім спредом. Причина криється в дефіциті сировини і зниженому споживанні даного продукту, оскільки натуральне масло все більше витісняється вершково-рослинними заміниками [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Дуже багато виробників випускають фальсифіковане вершкове масло, яке являється спредом чи маргарином упаковані відповідно вершкового масла. І як результат мають більш дешеву продукцію з мінімальним вмістом холестерину, а замість молочного - певну кількість рослинного жиру. Та на превеликий жаль не всі замітники являються повністю не шкідливими.

Найчастіше, щоб ввести в оману покупця, фальсифікатори використовують у назві товару відомі торгові марки як українських, так і закордонних марок. Споживач, який звик до високоякісних сортів вершкового масла без будь яких сумнівів купляє таку фальсифіковану продукцію дивлячись лише на давно відому назву. Саме через фальсифіковану продукцію необхідно навчитися відрізняти її від вершкового масла. Такий продукт матиме менш щільну і рихлу консистенцію, присмак рослинних олій, вищу температуру замерзання, а на його упаковці буде відсутня вся необхідна інформація.

Як би там не було, зацікавленість до групи продуктів зі змішаним складом буде зростати за рахунок зниженню питомих витрат молока сировини. На сьогоднішній час спреди розглядають як здоровий харчовий продукт з покращеними якостями.

Одними з показників, що характеризують якість спредів: 1) відповідний підбір немолочних жирів, які використовуються і їх співвідношення із молочними жировими фазами; 2) оптимізація технології з урахуванням використання наявного обладнання; 3) раціональне використання харчових добавок та наповнювачів, які забезпечують його необхідну структуру та якість.

Для того, щоб отримати спред відповідної якості використовують різні способи його виробництва [1], [3], [5]. Серед них виділяють наливний метод збивання вершків. Він складається з ряду основних технологічних операцій: приймання та сортування сировини; отримання власне жирової емульсії 35-42 % (розплавлення жиру, змішування з обратом, натуральним чи відновленим молоком, або пахтою) і з додаванням необхідного стабілізатору; гомогенізація жирової емульсії при  $60 \pm 5$  °C і тиску 0,5 атм; пастеризація при 85-92 °C і охолодження жирової емульсії; змішування жирової емульсії з молочними вершками в необхідних співвідношеннях (температура не повинна відрізнятися більш ніж на 5 °C); дозрівання суміші 10-20 годин при температурі 68°C; підігрівання суміші до температури збивання 11-12°C,

тобто нижче температури плавлення гліцеридів молочного жиру; збивання суміші в масловиготовлювачах; упаковка готового спреду, що має хорошу пластичну текстуру.

Другим поширеним методом є перетворення високожирних вершків. Особливістю технології цього методу є: приймання та сортування сировини; підготовка жирової емульсії – розплавлення жиру і його нагрів до 65 °С; змішування жирової емульсії із молочною високожирною сумішшю (1 варіант: жир вноситься в молочну плазму (пряма емульсія), 2 варіант: молочна плазма вноситься в жир (зворотна емульсія)) і відповідного стабілізатору; нормалізація суміші; емульгування суміші при 65 °С для отримання її стійкості; пастеризація при температурі 85-108 °С; охолодження суміші до 65 °С; перетворення високожирної суміші в спред: температура на вході 65 °С, на виході з масловиготовлювачах 12-19 °С, нижче температури масової кристалізації гліцеридів. На масловиготовлювачах емульсію необхідно подавати при температурі 65 °С: нижче температура призведе до борошністості готового продукту; вища температура ускладнює роботу масловиготовлювача і в результаті високої температури виділяється більша кількість вільного жиру, а сам спред буде мати колочу консистенцію. Упаковка продукту. Термостатування при 5 °С протягом доби. Зберігання при мінусовій температурі. Консистенція спреда виготовленого таким способом – однорідна, глянцева і зберігає свої якості протягом тривалого терміну зберігання, як правило стійка до температурних перепадів.

Спреди з зниженою жирністю і низько жирних без стабілізаторів виробити складно (найчастіше практично неможливо), оскільки важко отримати стійку емульсію. Стабілізатори дозволяють зв'язати і розподілити вологу, підвищити в'язкість і стійкість емульсії.

Пластична текстура і частіше за все, більш однорідна, досягається при використанні технології скребкового теплообмінника, якщо використовувати альтернативний процес виробництва.

Технологами з давна доведено, що продукти, які виготовили шляхом змішування і шокowego охолодження у порівнянні з продуктами, що виготовлені використанням масловиготовлювача, виходять більш стабільними. Також можливо отримати продукт, що має більш м'яку текстуру, якщо повністю чи частково додати масло після першого охолодження у порівнянні із продуктом у якому додається рослинна олія перед початком виробництва.

Завдяки тому, що компанії, які виготовляють спред зацікавлені в даному процесі, так як поєднання двох технологічних процесів [1], [3], [5], [7], [10], [11], [12], [13] дозволяє покращити стабільність спреда та якісні показники. Для цього поєднання розробили необхідне обладнання, а саме виробництво називають «холодним процесом змішування». Також при використанні даного процесу зберігається кристалічна решітка та більш м'яка текстура – все завдяки інтенсивному перемішуванню і додаванню рослинної олії. Як результат: можливість розширити асортимент продукції за рахунок збільшення списку інгредієнтів, що можуть використовуватись при виробництві спреда.

Сама ж технологія використання скребкового теплообмінника дозволяє виготовляти продукт зі зменшеним вмістом жиру не порушуючи його якісну характеристику, що не можливо досягнути при використанні інших способів. Але якщо не дотримуватись методів виробництва та рецептури, то на виході отримаємо не стабільну жирову суміш з поганими смаковими характеристиками. Ще необхідно враховувати такі фактори: склад водної фази, склад жирової суміші, тип емульгатора, який використовується, механічне навантаження, постійно контролювати процес кристалізації емульсії та її попередню стабільність ще в ємностях для емульсії. У готовому продукті підтримувати низькі температури та створювати відповідні умови зберігання.

При використанні методу збивання кристалізація гліцеридів у апараті практично повністю закінчується, а при методі перетворення - лише частково. Незалежно від способу виробництва температура спреда на виході з апарату дорівнюватиме 12-15 °С.

В той час у першому випадку спред матиме твердоподібну консистенцію, хороша пластичність, краща термостійкість та можливість регулювати однорідність складу, можливість виробництва невеликої потужності.

В методі перетворення періодичної дії: текучу легко рухливу масу, яка має значно більше непошкоджених жирових шариків, що переходять у плазму, неперервність виробництва, відмінне диспергування плазми (1-3 мкм), низька бактеріальна обсемененість, висока механізація виробничих процесів (підвищена збереженість якості, зниження вмісту повітря у готовому спреді), порівняно менше використання води та холоду, можливість виготовлення майже всього існуючого асортименту, мобільність технологічного процесу, більш економне використання виробничих площ та менша тривалість виробничого циклу (1-1,5 години).

Недоліками збивання рослинних і тваринних вершків у масловиготовлювачах періодичної дії являється: тривалість циклу виробництва (майже добу), недостатня дисперсність плазми в моноліті спреда, неможливість виробляти спред з смаковими наповнювачами та підвищеною кількістю плазми, в порівнянні більш висока обсемененість мікрофлорою, знижена механізація виробництва, нерівномірність якості та складу у одній партії, збільшена енергоємність, нераціональність впровадження на невеликих підприємствах та фермах.

У способі перетворення високожирних тваринних вершків і рослинних вершків неперервної дії недоліки полягають у: ручний процес миття сепараторів та деякого іншого обладнання, порівняно часті вади (не термостійкість, підвищене витікання молочного жиру (6-12 %)), підвищений вміст жиру в плазмі (2,1-

17,4 %), часта «рихлість» консистенції, тому неможливість фасувати спред брикетами у потоці виробництва, порівняно великі відходи жиру в маслянку, відсутність автоматизації в регулюванні і вимірюванні вмісту вологи в спреді.

Якісні показники готового продукту [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13] залежать не тільки від того чи дотримуються всіх технологічних операцій та ефективної роботи технологічного обладнання, а й від того, яка ж сировина використовується у виробництві спреду.

За органолептичними показниками вершково-рослинний спред за зовнішнім виглядом і консистенцією повинен бути: щільним, однорідним, пластичним; поверхня злегка матова, або слабо-блискуча, або блискуча на зрізі. Аромат та смак: чистий, недостатньо виражений вершковий і/або присмак пастеризації; солодко вершковий, вершковий і присмак пастеризації. Колір однорідний по всій масі, від світло-жовтого до білого.

Якщо використати у виробництві некондиційну сировину, то це можливо призведе до вад готового продукту. Так вади аромату та смаку можуть виникнути у результаті: 1) «не свіжий» слабо виражений, нечистий, важко визначаючий присмак виникає через зіпсований ароматизатор чи закінчений термін його придатності, забруднена продуктова вода, недостатня дезодорація олій, жирів чи вершків; 2) гіркий присмак – вихідна гіркота жирової сировини, не правильно підібрана сіль (із підвищеним вмістом сульфатів); 3) кислий присмак – не дотримання співвідношень при розведенні лимонної чи молочної; 4) згірклість – окислювальне псування жирів (старі жири) із виділенням маслянистої кислоти; 5) сальний присмак – використання саломаси з підвищеною температурою плавлення (понад 39 °С), у складі мають домішки жирів тугоплавких (яловичини, баранини), жири зберігалися не правильно (на прямому сонячному світлі при збільшеній температурі); 6) олійний присмак – «стара олія», не якісне дезодорування; 7) стеариновий присмак – саломаса отримана із порушенням технології при гідруванні, використання тугоплавкої саломаси, яка довго зберігалася; 8) рибний присмак – домішки ріпакової олії, окислювальне псування рослинної олії, розкладання фосфатидів рослинної олії; 9) мильний присмак – наявність у готовому продукті сирної плісняви, погана рафінація рослинної олії, пальмової, кокосової, саломаса; 10) металевий присмак – тривале зберігання сировини у закритій металічній тарі із «чорного» заліза, коли підвищена вологість сировини, то будуть наявні продукти життєдіяльності деяких видів бактерій.

Вади зовнішнього вигляду: 1) у зовнішньому вигляді спреду можливе появлення мармурові прожилки – недостатнє і неправильне оброблення барвників, або неправильне його використання; 2) неоднорідність по об'єму продукту (щільність, колір) – потрапляють залишки старого спреду із циліндрів автомата упаковки після зупинки процесу фасування готової продукції, або із погано вимитих труб; 3) «грудко подібне» наповнення в брикеті – недотримані температурні режими, занижена температура вихідного спреду, додаткова кристалізація у трубопроводах;

Органолептичні вади: 1) спред довгий час тоне в роті, відчувається пластичність смаку – підвищена температура при виробництві емульсії; 2) спред дуже швидко тоне у роті – знижена температура плавлення жирової основи, помилка в кількості доданої рослинної олії (більше норми); 3) прісний, недостатньо виражений аромат та смак – невірно зважена кількість ароматизаторів, випаровування ароматизатора при довготривалих зупинках виробництва та при невиконаній повністю грубої емульсії; 4) розділений смак (спочатку присмак жирів, потім кисло-солоні-гіркий смак водяної фази – частинки водяної фази мають великі розміри, не вірно виготовлена емульсія).

### Висновки.

Отже, при вживанні різних видів спредів організм людини насичуватиметься як тваринними, так і рослинними жирами, що необхідні для його нормальної життєдіяльності. При використанні якісної сировини на виході матимемо продукт, який користуватиметься шаленим попитом серед споживачів. Ринок України розширюватиметься і як раніше буде великим експортером спредів і масла. Самі ж виробники постійно збільшуватимуть свій асортимент та розроблятимуть ще ефективніші способи виробництва власної продукції.

### Література

1. Толбатов В.А. Научное окружение современного человека: Техника и технологии / [авт.кол. : И.Я.Львович, А.П.Преображенский, В.А.Толбатов, И.Ф.Червоний, О.Н.Чопоров, О.О. Толбатова и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 181 с.
2. Толбатов А.В. Научное окружение современного человека: Экономика, Менеджмент, Медицина и фармацевтика, Химия, Биология, Сельское хозяйство, География и Геология / [авт.кол. : Львович И.Я., Н.М.Орлов, Преображенский А.П., Толбатов А.В., Чопоров О.Н. и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 175 с.
3. Tolbatova O.O. Analysis of the relevant problems of food production sphere / O.O. Tolbatova, T.I. Marenkova, I.A. Shekhovtsova // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №4 –P.105–108.
4. Tolbatov A.V. Development concept modeling of business processes of modern industrial enterprises in terms of theoretical and legal approaches to the analysis information security / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov //

International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №1 –S.196–199.

5. Толбатова О.О. Аналіз основних напрямків автоматизації виробничих процесів підприємств сфери виробництва продуктів харчування в Україні, які потребують впровадження інновацій / О.О. Толбатова // Інформатика, математика, автоматика (ІМА :: 2018) : матеріали та програма наук.-техн. конф., (05–09 лютого 2018 р.). – Суми : СумДУ, 2018. – С. 170–171.

6. Tolbatov A.V. Functional modeling – methodological basis for investigation of business processes at industrial enterprises / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №3 – P.132–136.

7. Tolbatov A.V. Information technology for data exchange between production purpose integrated automated systems / P.M. Pavlenko, A.V. Tolbatov, V.V. Tretiak, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.B. Viunetko, H.A. Smolyarov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2016. – №1 –P.83–86.

8. Толбатов А.В. Теоретичні основи розробки економіко-математичної моделі аналізу бізнес-процесів на промислових підприємствах / А.В. Толбатов, О.Б. В'юненко, О.О. Толбатова, І.А. Шеховцова, В.А. Толбатов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2017. – №4. – С. 67–73.

9. Толбатов А.В. Інноваційні підходи інформаційної підтримки діяльності агропромислового комплексу регіону / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов та ін. / Инновационные подходы к развитию сельского хозяйства. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2015. – С. 7–26.

10. Толбатов А.В. Методика побудови інтегрованого інформаційного середовища сучасного промислового підприємства / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов / Перспективные тренды развития науки: техника и технологии. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2016. – С.82–96.

11. Толбатов В.А. Моделі та методи побудови автоматизованих інтегрованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств: автореф. дис ... канд. техн. наук / В.А. Толбатов. – Київ, 2007. – 12 с.

12. Толбатов А.В. Перспективные достижения современных ученых: техника и технологии: Анализ та розробка концепції моделювання бізнес-процесів промислового підприємства з точки зору сучасної методології аналізу та проектування складних систем / [авт.кол.: Толбатов А.В, Толбатов В.А, Толбатов С.В., Толбатова О.О. і др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2017 – 219 с.

13. Толбатов В.А. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах : навч. пос. / В.А. Толбатов, І.Л. Лебединський, А.В. Толбатов / – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 195 с.

#### References

1. Tolbatov V.A. Nauchnoe okruzhenie sovremennogo cheloveka: Tehnika i tehnologii / [avt.kol. : I.Ya.Lvovich, A.P.Preobrazhenskiy, V.A.Tolbatov, I.F.Chervonyiy, O.N.Choporov, O.O. Tolbatova i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 181 s.

2. Tolbatov A.V. Nauchnoe okruzhenie sovremennogo cheloveka: Ekonomika, Menedzhment, Meditsina i farmatsevtika, Himiya, Biologiya, Selskoe hozyaystvo, Geografiya i Geologiya / [avt.kol. : Lvovich I.Ya., N.M.Orlov, Preobrazhenskiy A.P., Tolbatov A.V., Choporov O.N. i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 175 s.

3. Tolbatova O.O. Analysis of the relevant problems of food production sphere / O.O. Tolbatova, T.I. Marenkova, I.A. Shekhovtsova // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №4 – P.105–108.

4. Tolbatov A.V. Development concept modeling of business processes of modern industrial enterprises in terms of theoretical and legal approaches to the analysis information security / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №1 –S.196–199.

5. Tolbatova O.O. Analiz osnovnykh napravlyamkiv avtomatyzatsiyi vyrobnychyykh protsesiv pidpryyemstv sfery vyrobnytstva produktiv kharchuvannya v Ukraini, yaki potrebuyut' vprovadzhennya innovatsiy / O.O. Tolbatova // Informatyka, matematyka, avtomatyka (IMA :: 2018) : materialy ta prohrama nauk.-tekh. konf., (05–09 lyutoho 2018 r.). – Sumy : SumDU, 2018. – S. 170–171.

6. Tolbatov A.V. Functional modeling – methodological basis for investigation of business processes at industrial enterprises / A.V. Tolbatov, S.V. Tolbatov, O.O. Tolbatova, V.A. Tolbatov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2017. – №3 –P.132–136.

7. Tolbatov A.V. Information technology for data exchange between production purpose integrated automated systems / P.M. Pavlenko, A.V. Tolbatov, V.V. Tretiak, S.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov, O.B. Viunetko, H.A. Smolyarov // International scientific-technical magazine Measuring and computing devices in technological processes. – Khmel'nyts'kyu, 2016. – №1 –P.83–86.

8. Толбатов А.В. Теоретичні основи розробки економіко-математичної моделі аналізу бізнес-процесів на промислових підприємствах / А.В. Толбатов, О.Б. В'юненко, О.О. Толбатова, І.А. Шеховцова, В.А. Толбатов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2017. – №4. – С. 67–73.

9. Толбатов А.В. Інноваційні підходи інформаційної підтримки діяльності агропромислового комплексу регіону / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов та ін. / Инновационные подходы к развитию сельского хозяйства. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2015. – С. 7–26.

10. Толбатов А.В. Методика побудови інтегрованого інформаційного середовища сучасного промислового підприємства / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов / Перспективные тренды развития науки: техника и технологии. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2016. – С.82–96.

11. Tolbatov V.A. Models and methods of construction of the automated integrated systems of enterprises' product life cycle: avtoref. dys ... kand. tekhn. nauk / V.A. Tolbatov. – Kyiv, 2007. – 12 s.

12. Толбатов А.В. Перспективные достижения современных ученых: техника и технологии: Анализ та розробка концепції моделювання бізнес-процесів промислового підприємства з точки зору сучасної методології аналізу та проектування складних систем / [авт.кол. Толбатов А.В, Толбатов В.А, Толбатов С.В, Толбатова О.О.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2017 – 219с.

13. Tolbatov V.A. Orhanizatsiya system enerhozberezhennya na promyslovykh pidpryyemstvakh / V.A. Tolbatov, I.L. Lebedyns'kyu, A.V. Tolbatov / – Sumy : SumDU, 2009. – 195 s.

Рецензія/Peer review : 24.3.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

**ИСТОЧНИК МАГНИТНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВА**

*Большой загадкой природы являются магнитные свойства вещества. И в этом случае, как и с массой тела, единственный способ в современной науке познания магнетизма сводился к описанию его, т.е. метод феноменологии. Такое познание в естествознании позволяло решать многие практические задачи, однако оно не приводило к пониманию того, каким образом природа создает магниты, какая у них внутренняя структура. В настоящей работе эти стороны физики магнитов исследуются. Впервые обращается внимание на то, что магниты во время их динамики аналогично массе тела имеют инерцию, которая сродни инерции массы тела.*

*Ключевые слова: масса тела, инерция, силовая линия магнитного поля, поступательное и колебательное движение, элементарные частицы вещества*

V.A. VYSHINSKIY

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**SOURCE OF MAGNETIC MASS WEIGHT**

*The great mystery of nature is the magnetic properties of matter. And in this case, as with the mass of the body, the only way in modern science of cognition of magnetism was to describe it; to the method of phenomenology. Such knowledge in natural science allows solving many practical problems, but it does not lead to an understanding of how nature creates magnets, what their internal structure is. In this paper, these aspects of the physics of magnets are being investigated. For the first time attention is drawn to the fact that magnetic bodies, like their body mass, have inertia, which is similar to mass inertia, and that these two types of inertia in time of their dynamics add up with the usual mass inertia. It is shown that magnetic inertia disappears together with the magnetic properties of matter, the reason for this is the mechanism of the renewal of magnetism and its inertia. The internal mechanism of the appearance of magnetic dipoles under natural conditions is considered and the principal difference between gravitational dipoles and analogous magnetic dipoles is shown. The eternal mystery of the magnetic field is revealed - two constituent parts of the magnetic masses: Nord and Zuid, and also obtaining them in nature individually. What is the reason that these masses are not in a state of rest in nature? It is shown why the interaction of magnetic bodies is much stronger than the analogous interaction of gravitational bodies.*

*Key words: mass of the body, inertia, magnetic field force line, translational and vibrational motion, elementary particles of matter*

**1. Введение**

Материальная природа своим окружением человеку дает знать о себе, воздействуя на его органы чувств, которые, как стало известно из наших исследований [1], являются проявлением действия трех физических полей: гравитационного, магнитного, электрического, а также их комбинаций. То, что органы чувств реагируют, именно на указанные поля, было известно с незапамятных времен, однако научное объяснение их физики было недостаточным. Совершенно недавно под полем понималась особая форма существования материи, и это утверждение явилось следствием отсутствием каких либо знаний о внутреннем механизме проявления материи в виде поля. Более того, определяя его как особую форму материи, произошло размежевание ее с материей представленной в виде массы тела. Сегодня в физической литературе, так и не раскрыв тайны, что такое поле, пришли к употреблению понятий неких четырех фундаментальных взаимодействий, однако и это не разрешило проблему. Наши исследования приоткрыли завесу над этой загадкой природы, предоставив «механизм» возникновения поля, а также материальную структуру силовых линий, посредством которых и происходят отмеченные выше фундаментальные взаимодействия.

Начало познания электрического, магнитного и гравитационного поля разное. Исходя из исторических знаний, которые сформировались в последние сто лет, человек, прежде всего, обратил внимание на явления, связанные с магнетизмом. Это уже потом в XVII веке приступили к изучению гравитационного притяжения, а затем и электричества. Однако сегодня одновременно с этими историческими сведениями появились факты, их принято историками называть артефактами, согласно которым совершенно в недалеком прошлом, как минимум 200 лет, на Земле существовала человеческая цивилизация, с более совершенными знаниями о магнетизме, электричестве и гравитации. Об этих необычных фактах «кишат» страницы современного Интернета, и нет необходимости приводить их адреса. Таким образом, исторический экскурс в познание магнетизма, которому посвящена настоящая статья, по-видимому, излишний. Обратим лишь внимание на то, что исследования этого явления природы будем проводить не с позиций его описания (феноменологии), а «проникнем» в структуру магнитной массы, ее естественное возникновение и на «рычаги», с помощью которых она воздействует на окружающую среду.

**2. Элементарные частицы магнитной массы вещества**

Решение проблемы получения знаний о магнетизме, указанным выше способом, привело к необходимости понимания того, как устроено вещество на уровне его элементарных частиц. Эта проблема является одной из труднейших в современном естествознании. Дело в том, что в XX веке физики-теоретики,

исповедуя различные варианты идеалистических мировоззрений, включая известный эмпириокритицизм (махизм), сегодня его вариант позитивизм, пришли к выводу, что материя в пределе ее измельчения неделима, из чего следует, что совокупность таких неделимых материальных образований и составляет совокупность элементарных частиц материи. Здесь же был придуман и способ получения таких частиц, который по своей простоте сразу же прижился в исследованиях. Суть его сводится к обстрелу материальных образований, например, ядер атомов, энергетически насыщенными частицами. И вот при разрушении таким способом ядра получают его составляющие, среди которых и происходит поиск элементарных частиц материи. Иными словами, в этом случае исследователь берет совершенное творение природы – драгоценный «сервиз» – ядро атома и стреляет по нему из пушки снарядами – заряженными частицами, разбивая его вдребезги, пытаюсь понять, из чего состоит этот естественный «уникальный сервиз». Такой «варварский» способ исследований на сегодняшний день позволил уже получить свыше 2000 осколков-частиц, и возникает теперь проблема: что с этими осколками делать, как природа из них создает то, что было разрушено, т.е. ядро.

Наши исследования, опираясь на систему постулатов, являющуюся результатом решения шестой проблемы Д.Гильберта, привели к новой модели существования материи. С помощью этой модели удалось обнаружить два фундаментальных закона (Первое и Второе Начало Вещества), способствующие в природе появляться девяти элементарным частицам вещества, из которых, затем, природа создает всевозможные атомы элементов Таблицы Менделеева.

Напомним, содержание этих Начал.

### **Первое Начало Вещества**

**Совмещение, во время поступательного движения двух и более участков вакуума, приводит его к волновому состоянию, т.е. происходит преобразование поступательного в волновое движение.**

### **Второе Начало Вещества**

**Во время продвижения фотона в вакууме, при определенных условиях может «оборваться» его электромагнитный колебательный процесс, и тогда вакуумная среда переходит в состояние, когда отдельный ее участок движется прямолинейно, т.е. имеет место преобразование волнового в поступательное движение.**

Согласно нашей модели материя в природе находится в виде однородной среды, получившей название вакуума, который и является основой для формирования в нем вещества. Такое существование материи для вещественных образований является нерегистрируемым, т.е. оно невидимое никакими приборами, выполненными из вещества, как естественного происхождения, так и искусственного. Дело в том, что вакуум состоит из таких измельченных сгустков материальной субстанции, что разрешающая способность указанных приборов не в состоянии их обнаружить. Так, материальный вакуум для вещественного мира является прозрачным. Вот почему регистрация этого состояния природы на протяжении более чем ста лет, когда его интенсивно пытались обнаружить, не увенчалась успехом. То, что физикам теоретикам показалось частицами вакуума, например, в результате опытов Казимира и Лемба-Резерфорда, на основе ложной модели «физического вакуума», сродни выдаче желаемого за действительное.

Итак, наши исследования показали [1], что процесс возникновения вещества в природе начинается с появления его элементарных частиц. Под действием Первого Начала Вещества в вакууме возникает электромагнитная волна – фотон. Затем, если эта волна оказывается в условиях вакуумной среды, при которых действует Второе Начало Вещества, то в ней появляются шесть элементарных частиц вещества: электрон, позитрон, две массы магнитного и две массы гравитационного поля. В нашей работе, прежде всего, интересуют магнитные и гравитационные массы, поскольку их появление в природе весьма схожее. Напомним, как природа генерирует массы тел. Если в одной пластине вакуума одновременно появляются два фотона на таком расстоянии, что между ними нет места для размещения еще одного фотона, и их фаза волнового движения отличается на половину периода электромагнитного колебания, то эти фотоны притягиваются друг к другу. Во время их притяжения и происходит обрыв электромагнитных колебаний в них, в результате которого и появляются две элементарные частицы гравитационного поля. Это явление имеет место в природе, в силу того, что колеблющиеся значения магнитных их составляющих сгустков материальной субстанции вакуума находятся на самом малом расстоянии друг от друга, при котором силы взаимодействия между ними будут самые максимальные. Это максимальное значение рассматриваемых сил следует из функции (1) распределения потенциала, которое и позволит оборвать колебание с такой силой, что та составляющая магнитной силовой линии, которая



отталкивает от сгустка содержимое вакуума, исчезает. В то же время, освободившийся от колебательного процесса сгусток приобретает скорость движения, которая равна скорости распространения потенциала магнитного поля, и существенно превышает скорость света. Напомним, указанная скорость, т.е. перемещение во времени потенциала совершается за такой временной промежуток, регистрация, измерение которого не под силу разрешающей способности вещества, из которого обычно выполняются наши приборы. Появившиеся в одной пластине сгустки не разлетаются в пространстве вакуума, а притягиваются друг к другу, тем самым, образуют гравитационный диполь [2]. Так «рождается» масса вещества.

Если два фотона появляются в одной пластине вакуума на большем расстоянии, чем это необходимо для появления массы тела, и между ними может разместиться, как минимум еще один такой фотон, а сдвиг по фазе их электромагнитных колебаний будет отсутствовать, то может произойти аналогичная ситуация обрыва фотона. В этом случае два оборвавшиеся от фотона сгустка будут удаляться друг от друга (в противоположные стороны) с несколько меньшей скоростью, нежели в случае с массой тела. Одновременно с этим, в удаляющихся друг от друга сгустках уже будут присутствовать те составляющие силовых линий поля, которые отталкивают другие сгустки вакуума в пластине. То есть обрыв колебаний в этом случае осуществляется, в отличие, когда появляются элементарные частицы гравитации вещества, уже с меньшей силой согласно функции (1) (см. также ее графическое представление – Рис.1). Дело в том, что в рассматриваемом случае взаимодействующие сгустки материальной субстанции находятся в таких местах вакуумного пространства, в которых напряженность магнитного поля согласно функции

$$y = \arctan \frac{1}{x} \quad (1),$$

где  $y$  – силовое значение напряженности поля,  $x$  – расстояние от источника поля до исследуемого места в пространстве, несколько ниже, чем это имеет место при обрыве фотонов в одной пластине вакуума, между которыми нет места для появления еще одного фотона. Это означает, что и кинетические, и силовые их взаимодействия будут слабее, нежели это имеет место при формировании массы вещества. Для наглядности приведенного вывода напомним графическое изображение приведенной функции распространения напряженности поля на следующем рисунке.

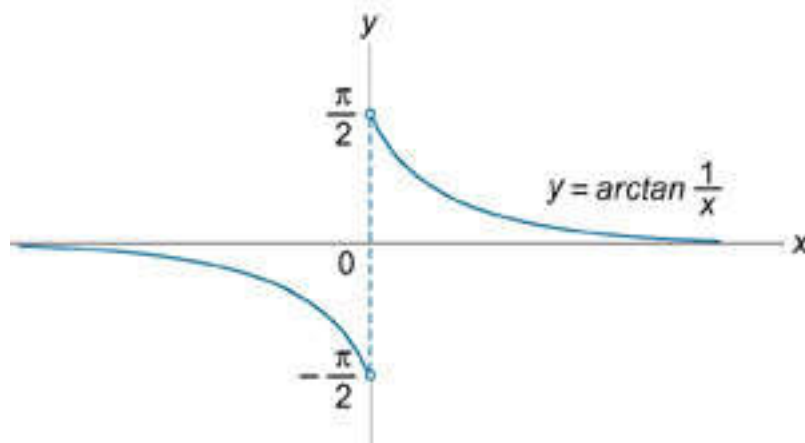


Рис.1 Графическое представление функции (1)

В работе [3] впервые разрешена проблема определения распространения напряженности любого физического поля в пространстве вакуума, которая имеет математическое описание в виде функции (1). С помощью этой функции существенно корректируется известный закон всемирного тяготения Ньютона и закон взаимодействия электрических зарядов Кулона, особенно, в области сверхмалых и сверхбольших расстояний от источника поля, тем самым, характеризуя слабые и сильные взаимодействия, которые присущи и электрическому, и магнитному, и гравитационному полю.

Таким образом, если у двух сгустков вакуума, «рождающих» гравитационный диполь, как уже отмечалось, та часть силовых линий, которая отталкивает сгустки вакуума, полностью отсутствует, то у сгустков, из которых возникает магнитные массы, магнитные силовые линии представлены с обеих сторон сгустка, генерирующего в вакууме магнитное поле. Только, в них, отталкивающая часть силовых линий, будет несколько ослаблена за счет силы приводящей этот сгусток в движение. Поскольку, такие два сгустка в пространстве вакуума находятся на расстоянии, позволяющем их притягиваться друг к другу, то они прекратят свое движение в противоположные стороны. Если при «рождении» гравитационного диполя два сгустка вакуума притягиваются теми частями своих силовых линий, которые работают на притягивание сгустков в вакууме, то в случае с магнитным диполем, сгустки, соприкасаясь друг с другом, притягиваются силовыми линиями с противоположными свойствами. То есть, если в первом сгустке, в месте притяжения силовая линия отодвигает сгустки вакуума, то во втором, наоборот – притягивает их.

Так появится вещественная структура, которую принято обозначать магнитным диполем. Обратим внимание на то, что если между возникшими сгустками будет расстояние не позволившее сработать их притяжению, то они удалятся друг от друга, представляя собой две магнитные массы – Норд и Зюйд. Скорость движения этих масс будет такова, что время, характеризующее их «разлета» невозможно будет зафиксировать с помощью приборов изготовленных из вещества [2]. Напомним, трудности их регистрации обусловлены тем, что вещественные приборы, которыми мы пользуемся, имеют недостаточную разрешающую способность. Так в природе появляется однополярные магнитные массы.

Обратим внимание на ту сторону магнитного диполя, которая по своим особенностям аналогична гравитационному диполю. Напомним, магнитные силовые линии, их активность, в пластине вакуума размещены по всему объему той части пластины, которая является продолжением ширины, находящегося в ней рассматриваемого сгустка. Во взаимодействии двух сгустков, входящих в магнитный диполь, эти две ширины не совпадают, т.е. их системы координат несколько сдвинуты друг по отношению к другу. Напомним, если бы эти системы совпадали, то в пространстве вакуума произошло бы совмещение двух сгустков вакуума, а это условия для действия Первого Начала Вещества, и вместо двух рассматриваемых сгустков возникла бы генерация фотона, и никакого бы магнитного диполя не получилось. В результате такого расположения силовых линий в объеме пластины вакуума часть силовых линий сгустков формирующих магнитный диполь будут выступать по обе его стороны и распространяться в вакууме. С одной стороны, отталкивая сгустки вакуума, а с другой, их притягивая. Совокупность таких магнитных диполей, взаимодействуя в веществе, и формируют магнитное тело, т.е. магнит.

Обратим внимание еще на одну особенность, рассмотренной выше, магнитной структуры. Если поместить между двух сгустков в диполе фотон, то магнитный диполь исчезнет. Если, затем, изъять указанный фотон, а на место сгустков, которые составляли попавший диполь поместить фотоны, то магнитный диполь вновь появится. Действительно появление между двух сгустков фотона можно обеспечить путем нагрева магнитного тела. Известно, что в этом случае его магнитные свойства исчезнут, т.е. магнитные диполи в таком случае пропадут. Стоит приступить к его охлаждению, как фотоны, которые при нагревании располагались между составляющими (магнитными массам) диполя исчезнут, и тогда оставшиеся фотоны, по обе стороны исчезнувших фотонов, сформируют магнитный диполь. Таким образом, с остыванием магнитного тела его прежние магнитные свойства восстановятся.

Масса тела имеет свойство инерции. Магнит тоже обладает такой же особенностью, однако в нем роль гравитации играет магнитное поле. Так, если магнитному диполю, который находится в неподвижном состоянии придать движение в одну из сторон вдоль оси абсцисс, то также как и в случае с гравитационным диполем, тот сгусток материальной субстанции, который предрасположен самостоятельно без своего «напарника» в диполе должен двигаться в след вынужденному движению начнет свое перемещение. В это время он сместится вдоль оси абсцисс, ослабляя тем самым взаимное притяжение с его сгустком–напарником, с которым он формирует магнитный диполь. Ослабив это притяжение второй сгусток начнет двигаться в противоположную сторону, тем самым создавая эффект инерции, как и для обычной массы тела. По мере продвижения магнита в рассматриваемую сторону расстояние между сгустками не сократится. При этом уменьшится притягивание двух сгустков друг к другу, и за счет этого магнитные силы притяжения диполя увеличатся. Эта особенность инерции магнита и массы тела требует дополнительного рассмотрения, которому будет посвящена отдельная работа.

Если магнит находится в движении вдоль оси абсцисс рассматриваемого магнитного диполя, и, при этом, придать ему еще дополнительную скорость, либо затормозить, то тот составляющий его сгусток, предполагаемое направление движения которого до формирования магнитного диполя совпадает с направлением торможения или ускорения начнет перемещаться в сторону вынужденного движения. При этом его влияние в диполе на сгусток-напарник, путем притяжения, ослабится, что незамедлительно вызовет в сгустке-напарнике движение в обратную сторону, и это проявит в магните эффект инерции, аналогично тому, как это имеет место при таком же воздействии на массу тела. Следует обратить внимание на то, что инерция массы тела и инерция магнита по своим свойствам идентичны и складываются при их динамике. В тоже время, инерция магнита при его нагревании исчезает. Гравитационное притяжение движущегося тела [1] больше, нежели покоящегося. Таким же свойством обладает и магнит.

### 3. Выводы

В настоящей работе мы коснулись понимания внутренней структуры, внутренних процессов, которые имеют место в магнитных материалах. Показана природа появления магнитных диполей из элементарных частиц магнитного поля вещества, формируя таким способом магнитные материалы. Рассмотрен природный способ «рождения» автономных магнитных масс (моно) Норд и Зюйд. Показано свойство инерции магнитных диполей, а также их появление и уничтожение. Показана общность инерции массы тела и магнитной массы и их сложение во время динамики. По-существу рассмотрены начала магнитных свойств вещества и их природа, которые требуют еще тщательных исследований в рамках предложенной модели. Особенно представляет интерес свойства взаимодействия кинетики магнитных тел, аналогичных тем, которые имеют место между гравитацией тел и их кинетикой.

### Литература

1. Вышинский В.А. Элементарные частицы вещества / В.А. Вышинский // Единый всероссийский вестник, – 2016, – №8. – С. 21-28
2. Вышинский В.А. Источник массы вещества / В. А. Вышинский // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, – 2018. – №1. – С.

### References

1. Vyshinskiy V.A. Elementarnyye chastitsy veshchestva / V.A. Vyshinskiy // Yedinyy vserossiyskiy vestnik, – 2016, – №8. – S. 21-28
2. Vyshinskiy V.A. Istochnik massy veshchestva / V. A. Vyshinskiy // Vimiryuval'na ta obchislyuval'na tekhnika v tekhnologichnikh protsesakh, – 2018. – №1. – S.

Рецензія/Peer review : 24.3.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :

UDC 621.391

O.V. TYKHONOVA

O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

## THE MAXFLOW PROBLEM ANALYSIS ON FREE-ORIENTED NETWORK GRAPH

**Abstract** – A short review is given on the key issues of network Maxflow problem. It is proved, that known approaches to Maxflow study are not always relevant to modern telecoms. Unlike traditional Maxflow task statement, whereby the maximum permissible unidirectional product flow is calculated between emitting and receiving nodes, the bi-directional multi-source and multi-destination data exchange is inherent to telecom system. Again, known algorithms for Maxflow task solution imply directed links between nodes, having fixed capacities in the onward and/or backward directions. Currently, the flexible adaptation of onward/backward channel throughput can be achieved with the use of modern reconfigurable add/drop multiplexors. In this paper, a novel framework of a free-oriented multi-pole open graph (FOG) substantiated for transport system analysis, where the free-oriented linkage is provisioned to simulate the dynamic configuration ability of advanced optical channels. Within this concept, an enhanced formalism and related algorithm determined for maximal flow evaluation in particular case of three-pole free-oriented open graph in terms of the overall circulation flow density between the open poles. The Maxflow formalism, in general case, operates with two types of bidirectional product flow in an open transporting network: unilateral flows that circulate between the network outside and given network via single port; bilateral flows traversing given network via multiple pairs of ports. This work presents the simple case of bilateral product flows. These flows are limited by the border requirements: the total flow in any open link must not exceed its overall capacity with no care about the occurred balance between counter partial flows. The introduced FOG concept extends the scope of bidirectional data transfer scheduling among the multiple ports of a telecom system, as well as the Maxflow algorithm simplifies the Maxflow task statement and provides more comprehensive solutions of the task. Next researches in this direction intend development algorithms of network flow optimization based on given approach.

**Keywords:** Maxflow problem, free-oriented graph, multi pole telecom network, dynamic channel configuration.

O.B.ТИХОНОВА

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ НА  
ВІЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОМУ ГРАФІ МЕРЕЖІ

**Анотація** – Надано стислий огляд з ключових питань проблеми максимального потоку. Доведено, що відомі підходи до дослідження максимального потоку не завжди актуальні для сучасних телекомунікацій. Обґрунтовано нову структуру вільно-орієнтованого багатополосного відкритого графа (FOG) для аналізу транспортної системи, який моделює можливість динамічної конфігурації сучасних оптичних каналів. Представлена концепція FOG розширює можливості для планування двонаправленої передачі даних між декількома портами телекомунікаційної системи. В рамках цієї концепції визначено алгоритм формальної оцінки максимального потоку у конкретному випадку триполосного вільно-орієнтованого відкритого графа в термінах загальної потужності потоків циркулюючих між відкритими полюсами. Цей формалізм спрощує подання задачі про максимальний потік і забезпечує більш ефективне рішення задачі.

Наступні дослідження в цьому напрямку передбачають розробку алгоритмів оптимізації мережевого потоку на основі запропонованого підходу.

**Ключові слова:** проблема максимального потоку, вільно-орієнтований граф, багатополосна телекомунікаційна мережа, динамічна конфігурація каналу.

**Introduction**

The network models are possibly the most important structures in optimization theory, and general network flow problem (NFP) occupies particular position in theoretical/applied researches where a common scenario of network flow problem arises behind industrial logistics concerns ([1], [2]). This scenario typically implies that some manufactured products must be transferred over logistic network from one or more source terminal nodes to several destination ports being addressed to wholesale consumers. In a simple case, a homogeneous product supposed along with “single source-single target” transporting network model. As a rule, communication links in logistic network graph considered to be one way directed channels having constant weights (denoted “arks”); therefore, related graph is called “directed weighted graph” (DWG). The common objective of logistic task solution is minimizing the overall cost of products supply to meet potential consumer demands (the so called “Min-cost-flow” task, or MCF); herewith, related network transportation model may include capacity restrictions on logistic hubs (network graph vertices) and transportation links (network graph arcs), [3], [4].

There are various approaches to MCF problem. Under certain background (e.g. hypothesis of unlimited manufactures’ productivity, along with unbounded node’s capacities and consumer’s product needs), the general task of minimizing the overall product transfer cost can be reduced to the so called “Maxflow problem” (MFP). Typical examples of “product flow” are consumer goods delivered via logistic infrastructure; gas, oil or water pumped through a pipe system; information data transmission over telecom or computer networks, etc. Though the network transportation model is cast in terms of material streams from source to destination ports, various lateral

applications emerged. Primarily known observations of Maxflow problem do not imply that intermediate network nodes may either accumulate or generate product flow; presumably, they solely transmit the product. It means that the sum of all the input streams must be always equal to the sum of all the output streams for any intermediate network node. The conventional MFP statement involves finding a feasible data stream through a closed two-pole graph with single-source and single-target poles (SS/ST).

The actuality of Maxflow task triggered by logistics in last century, now has taken its new impulse in modern telecommunication sphere. However, common view on Maxflow task not always seems relevant to present IT realm because of particular telecom channel properties, which significantly contradict the legacy transportation model of material product provisioning. The principal aspect of information Maxflow study is bidirectional character of data streams in typical telecommunication channels; from these premises, each open network terminal should be treated as joint source/destination entity. This view is not character to homogeneous product transition in commonly known logistics model. The second distinct aspect of information product supply is dynamic flexibility of modern telecommunication channels with respect to onward/backward conductivity adaptation; it means that the overall channel capacity becomes a fixed property of network graph edges, whereas particular onward/backward channel resource scheduling is optionally possible. This phenomenon requires determination a new type of network graph with free-oriented edges, which simulates dynamic channel scheduling in modern telecommunication systems. The third critical point of data flow analysis is multi-pole scheme of network-to-network interaction, which mistunes known “one source-one target” network graph models. The publications survey indicates that data flow optimization in telecom systems is challenging yet, and more researches needed. *The objective of this work is the enhancement of Maxflow task solution on a free-oriented multi-pole network graph.*

**Free-oriented channel as linkage model on a graph**

As it was mentioned above, the commonly exhibited models of matter product transportation often relay on the formalism of directed weighted graph (aka digraph, or DWG), where all the graph edges are unidirectional links. Sometimes, however, a digraph is understood as that, where at least one edge is either unidirectional or bidirectional; instead, a graph with all unidirectional edges is called “oriented graph”. Further we will use terms “ark” (or “simplex”) for unidirectional edge in contrast to bidirectional edge noted “bi-ark” (or “complex”). Therefore, a graph with no one directed edge is undirected. However, the term “undirected weighted graph” (UWG) is not uniformly perceived by the specialists. Customary, the undirected weighted graph (UWG) is given as everywhere symmetrically weighted bidirectional graph, or skew-symmetric graph, [5]. This understanding of undirected edge and related graph correlates with full symmetric duplex channels in generic telecom systems, but it is beyond the modern decisions in fiber optic technologies, [6].

Actually, the term of “undirected edge” on a graph is not fully determined in literature for digital communication channel, therefore, more detailed explanation of this entity needed. In fact, advanced telecom technologies support bidirectional data transmission over a single optic fiber link [7]; the data exchange over a single fiber strand is achieved by separating the transmission wavelength of two devices, Fig. 1.

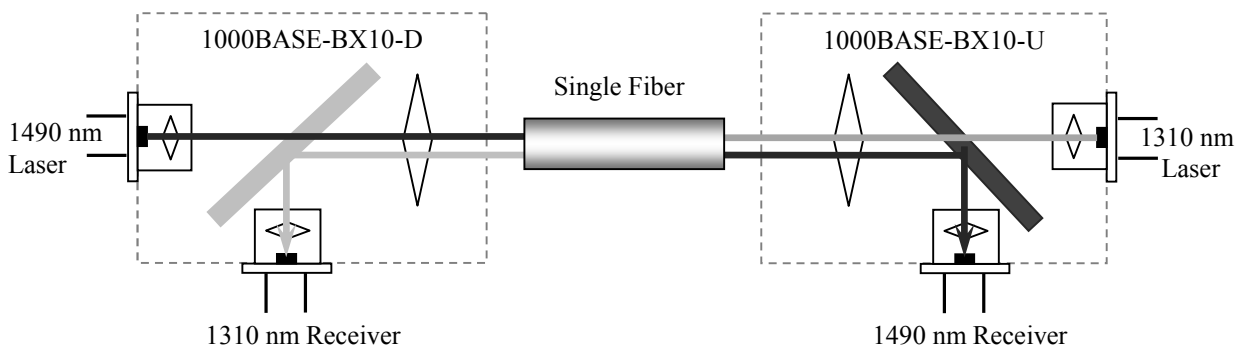


Fig. 1. The principle of bidirectional data transmission over a single optic fiber link

For instance, the 1000BASE-BX10-D network interface transmits at 1490-nm channel and receives a 1310-nm signal, whereas 1000BASE-BX10-U transmits at 1310-nm wavelength and receives a 1490-nm signal. The wavelength-division multiplexing (WDM) splitter is integrated into the Small Form-factor Pluggable module (SFP) to split the 1310-nm and 1490-nm light paths. On the other hand, behind the bidirectional conductivity observed in optic fiber, the flexible adaptation of onward/backward channel throughput can be achieved with the use of modern reconfigurable add/drop multiplexors performing on the base of coherent multi-carrier pumping, [8]. Consider aforesaid, the disputable term of “undirected weighted graph” is overlooked for further interpretation in order to avoid terminology confusions among the specialists. Instead, a new term is introduced for optical bidirectional trunk, namely, “free-oriented channel” (FOC). The FOC is defined as that having fixed total capacity P along with dynamic scheduling between the onward channel throughput P+ and backward throughput P-:

$$0 \leq (|P^+| + |P^-|) \leq P, \quad |P^+| + |P^-| = P = const. \tag{1}$$

Similarly, a free-oriented linkage (FOL) is introduced in this paper to simulate a FOC on a graph. Hence, any network graph with entire free-oriented edges treated as “free-oriented graph” (FOG). The FOG transporting model seems more adequate to exhibit advanced network technologies, and particular, the modern concepts of network traffic engineering ([9]) and software defined networking ([10]).

The free-oriented linkage (FOL) in network graph model supports dynamic adaptation to flow requirements and improves the overall network resource utilization. This fact illustrates Fig. 2 where two variants of network linkage depicted. Fig. 2-a shows a common directed graph with the source vertex (number 1) and target vertex (number 4). The minimal cut S1 between the source and target vertices easy calculated as  $3+1=4$  (note, that link “2→3” of value 5 not included into the S1 collection because the ark “2→3” traverses the curve S1 in right-to-left direction from target to source vertex, in contrast to arks “1→2” and “3→4” traversing the cut S1 from the left to the right side of curve S1, e.g. from source to target vertex).

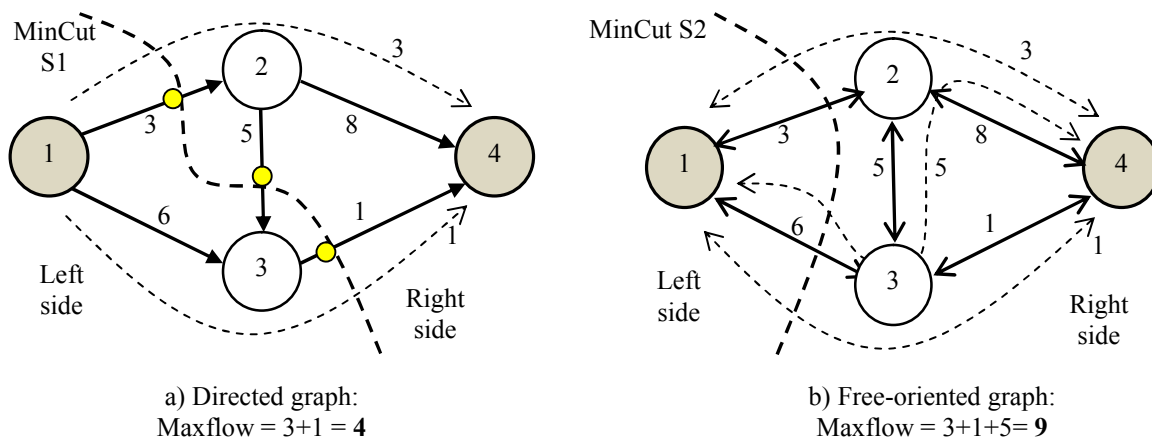


Fig. 2. Network maximal flow in directed graph (“a”) and free-oriented graph (“b”)

Figure 2-b shows similar to Fig2-a network graph with the same link capacities, however, the links in Fig.2-b graph are free-oriented, and therefore, do not have fixed directions. To distinguish depicted free-oriented network graph (FOG) from commonly spoken undirected graph (UDG) it is proposed to draw vertex edges of FOG in Fig.2-b by two-arrow links. Similar to previous case in Fig.2-a, it is quite easy to find out the maximal possible flow between the vertices 1 and 4 in Fig.2-b (regardless of the flows distribution in the onward and backward directions); this flow includes three partitions yield  $3+1+5=9$ . This result gained in Maxflow task solution is better than one in previous case, Fig.2-a.

**Free-oriented open graph as an enhanced network model**

The adoption of aforesaid hypothesis of free-oriented linkage in network graph modeling eliminates necessity in distinct “sources” and “targets” of product flow among the network nodes or related graph vertices (like S- and T-type nodes in common Maxflow problem observation). Again, particular outer vertices still needed as network border ports to generate/consume network flows, in contrast to inner network nodes, which presumably do not emit or absorb product flows but solely switch and put through the product flows in transparent mode.

On these premises, a network graph model is treated as an autonomous closed framework not aware about its outer neighborhood. Probably, this point of view needs conceptual rethinking, as typical transporting networks are open systems or subsystems constituting entire public infrastructure. With this concern, a concept of an *open pole graph* (OPG) is introduced in this work as an open network model. The flowchart in Fig. 3 depicts an open two-pole graph built behind the four-vertex graph prototype in Fig.2-b; however this graph differs in that no particular conservative/emanative vertices exist on the plain.

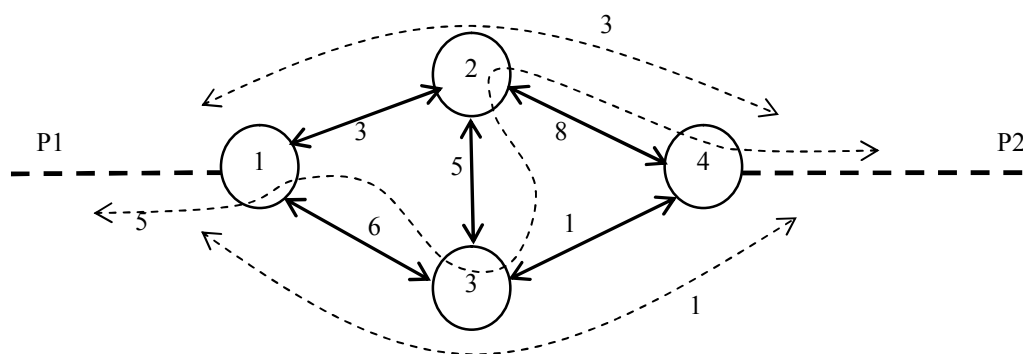


Fig. 3. Free-oriented two-pole open network graph

In this instance, new topological entities added on the open pole graph, i.e. two open network edges with correspondent throughput capacities P1 and P2. The number of open edges in an arbitrary multi-pole free-oriented graph must be equal to the number of open poles. The open network edges on an arbitrary OPG pay a principal role in Maxflow task formalization and related Maxflow algorithms. In general case, the OPG model operates with two types of bidirectional product flow in an open transporting network: unilateral flows that circulate between the network outside and given network via single port; bilateral flows traversing given network via multiple pairs of ports. In this work the simple case of bilateral product flows is considered. For the two-pole open graph on fig.3, the following constraints are to be satisfied in order to prove the previously gained Maxflow result of 9 flow units:

$$(P1, P2) \geq \langle (1 + 3 + 5) = 9 \rangle. \tag{2}$$

This question needs more observation in general case of multi-pole network graph study. Further on, a three-pole open network graph studied for Maxflow resolution with open edge constraints.

Consider an open three-pole network graph with unknown or hidden inner structure, which is depicted in general on Fig.4.

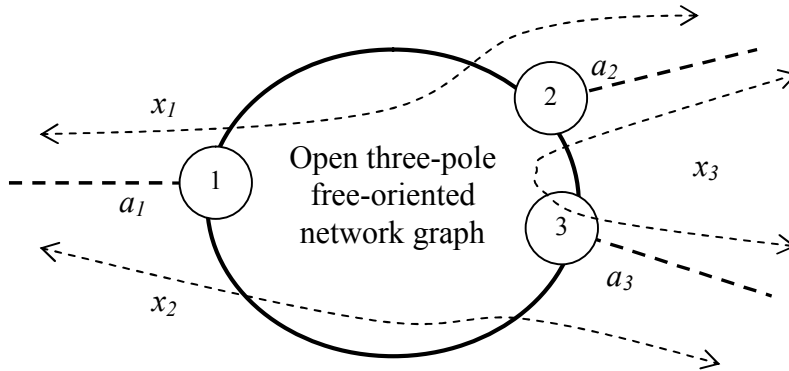


Fig. 4. Free-oriented three-pole open network graph

Suppose open edges have known capacities  $a_1$ ,  $a_2$  and  $a_3$ . Denote sought flows as non-negative real numbers  $x_1$ ,  $x_2$  and  $x_3$ . The following system of inequalities must be satisfied:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq a_1 \\ x_1 + x_3 \leq a_2 \\ x_2 + x_3 \leq a_3 \end{cases} \tag{3}$$

The total network flow we define as the following sum:

$$F_{\Sigma} = x_1 + x_2 + x_3. \tag{4}$$

Summing all three inequalities in (3) we yield the following:

$$f_{\Sigma} = x_1 + x_2 + x_3 \leq (a_1 + a_2 + a_3) / 2. \tag{5}$$

The exact equation  $f_{\Sigma} = (a_1 + a_2 + a_3) / 2$  requires that strong equation system occurs in (3):

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = a_1 \\ x_1 + x_3 = a_2 \\ x_2 + x_3 = a_3 \end{cases} \tag{6}$$

Now, we will examine conditions of system (6) accuracy. Reorganize (6) in form

$$\begin{cases} x_1 \cdot 0 + x_2 \cdot 1 + x_3 \cdot 1 = a_3 \\ x_1 \cdot 1 + x_2 \cdot 0 + x_3 \cdot 1 = a_2 \\ x_1 \cdot 1 + x_2 \cdot 1 + x_3 \cdot 0 = a_1 \end{cases} \tag{7}$$

Denote  $a = [a_3, a_2, a_1]$ ;  $x = [x_1, x_2, x_3]$ ;  $G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ . Present (7) in matrix form

$$x \cdot G = a. \tag{8}$$

The formal solution for linear system equation (8) is

$$x = a \cdot G^{-1} = [a_3, a_2, a_1] \times \begin{bmatrix} -0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & -0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & -0.5 \end{bmatrix}. \tag{9}$$

So, we retrieve the following intermediate result:



$$\begin{cases} x_1 = (a_1 + a_2 - a_3) / 2 \\ x_2 = (a_1 - a_2 + a_3) / 2 \\ x_3 = (-a_1 + a_2 + a_3) / 2 \end{cases} \quad (10)$$

Now, examine relations (10) on their consistency towards the flows  $x_1, x_2, x_3$ . According our initial definitions, all the flow values  $x_1, x_2, x_3$  must be non-negative numbers. Therefore, the following inequalities system required:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 \geq a_3 \\ a_1 + a_3 \geq a_2 \\ a_2 + a_3 \geq a_1 \end{cases} \quad (11)$$

The system (11) obviously presents the well know "triangle rule": any edge capacity  $a_k$  among three ones ( $k=1, 2, 3$ ) must be not more that sum of two other ones. Thus, if system (11) valid, then outer maximal network flow limitation defined by relation

$$\max(f_\Sigma = x_1 + x_2 + x_3) = (a_1 + a_2 + a_3) / 2. \quad (12)$$

The exact equality in (12) occurs when inner network topology and metrics allow the flows  $x = [x_1, x_2, x_3]$  to run between the correspondent pairs of network poles  $x_1(1,2), x_2(1,3)$  and  $x_3(2,3)$ . It is quite evident, that among any three arbitrary non-negative real numbers  $a_1, a_2$  and  $a_3$  only one of them can be more than the sum of two other ones. Consider a case that some of three open edge capacities  $a_1, a_2$  and  $a_3$  violates condition (11), for instance,  $a_1 > a_2 + a_3$ . For given case  $a_1 > a_2 + a_3$  the obvious maximal flows are:  $x_1 = a_2$ ;  $x_2 = a_3$ ;  $x_3 = 0$ ;  $\max(f_\Sigma) = \max(x_1 + x_2 + x_3) = a_2 + a_3$ .

### Conclusion

In this work, known approaches discussed to network flow modeling with particular focus on maximal flow problem statement. Concluded that Maxflow problem is not exhaustively studied in general case, as well as common graph models do not meet the modern networking technologies. To overcome this issue, an original Maxflow vision introduced for telecom data flow analysis based on the concepts of free-oriented channel conductivity and multi-pole open graph model. Formal constraints retrieved for maximal network flow estimation on arbitrary open three-pole free-oriented graph. The next step research in this direction assumes development applicative algorithms of network flow optimization behind the free-oriented multi-pole graph as network model.

### References

1. Bradley. Network Models / Bradley, Hax, Magnanti; Massachusetts Institute of Technology // Applied Mathematical Programming. – 1977. – Chapter 8. – p. 227-271. – Retrieved from : <http://web.mit.edu/15.053/www/AMP.htm>.
2. Varun Ramesh. Max-flow Min-cut Algorithm in Spark with Application to Road Networks / Varun Ramesh, Shivaneer Nagarajan, Saswati Mukherjee // 7th EAI International Conference on Big Data Technologies and Applications. – 2016. – p. 12–22.
3. Dimitri P. Bertsekas. Network Optimization: Continuous and Discrete Models. – Belmont :Athena Scientific, 1998. – 585 p.
4. Jaehyun Park. Network Flow Problems / Jaehyun Park : Stanford University. – 2015. – Retrieved from : <https://web.stanford.edu/class/cs97si/08-network-flow-problems.pdf>.
5. Ford L.R. Flows in Networks : A report prepared for United States air force project RAND / L.R. Ford, D.R. Fulkerson. – 1962. – 332 p.
6. Kazuro Kikuchi. Fundamentals of Coherent Optical Fiber Communications : Tutorial Review / Kazuro Kikuchi // Journal of Lightwave Technology. – 2016. – Vol. 34, No. 1. – p. 157-179.
7. Cisco SFP Modules for Gigabit Ethernet Applications Data Sheet. – Retrieved from : [https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/gigabit-ethernet-gbic-sfp-modules/product\\_data\\_sheet0900aecd8033f885.html](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/gigabit-ethernet-gbic-sfp-modules/product_data_sheet0900aecd8033f885.html).
8. Devendra Kr.Tripathi. Reconfigurable Optical Add and Drop Multiplexers. A Review / Devendra Kr.Tripathi, Pallavi Singh, N.K.Shukla,H.K.Dixit // Electrical & Computer Engineering: An International Journal (ECIJ). – 2014. – Volume 3, Number 1.
9. Traffic engineering management concepts // Cisco Prime Fulfillment Theory of Operations Guide 6.1. – Chapter 3. – Retrieved from : [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net\\_mgmt/prime/fulfillment/6-1/theory/operations/guide/theory/tem.pdf](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/prime/fulfillment/6-1/theory/operations/guide/theory/tem.pdf).
10. Xenofon Foukas. Software Defined Networking Concepts /Xenofon Foukas, Mahesh K. Marina, Kimon Kontovasilis. –Retrieved from : <http://homepages.inf.ed.ac.uk/mmarina/papers/sdn-chapter.pdf>.

Міністерство освіти і науки України,  
Українська технологічна академія,  
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП",  
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова,  
Білоруський державний університет інформатики і радіоелектроніки,  
Національний технічний університет України «КПІ імені Сікорського»,  
Вінницький національний технічний університет,  
National Instruments,  
Міжнародне відділення Інституту інженерів по електротехніці і  
радіоелектроніці IEEE

*проводять*

## **ВІСІМНАДЦЯТУ**

міжнародну науково-технічну конференцію  
"Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах"  
(ВОТТП-18-2018)

*яка відбудеться*

**8 – 13 червня 2018 р. в м. Одеса (Затока, база «Електрон»)  
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова.**

На конференції будуть працювати секції:

1. *Загальні питання метрології та вимірювальної техніки;*
2. *Оптичні та фізико-хімічні вимірювання;*
3. *Електричні та радіотехнічні вимірювання;*
4. *Інформаційно-вимірювальні та обчислювальні системи і комплекси в технологічних процесах;*
5. *Біомедичні вимірювання і технології;*
6. *Обмін досвідом та технологіями;*
7. *Телекомунікаційні та інформаційні технології;*
8. *Прецизійні вимірювання та новітні технології;*
9. *Використання технологій та засобів вимірювань National Instruments.*

За матеріалами конференції буде випущений збірник тез доповідей до початку роботи конференції.

Крім того, доповіді, оформлені у вигляді наукових статей та рекомендовані оргкомітетом до опублікування, за результатами роботи конференції будуть включені до друку в міжнародному науково-технічному журналі "ВОТТП" № 2'2018 та № 3'2018., та наукових журналах "Вісник ХНУ" №3'2018, "Цифрові технології" (журнали включені у науково-метричні бази).

**Склад організаційно-програмного комітету вісімнадцятої МНТК ВОТТП 18-2018**

**П.П. Воробієнко.** - професор, д.т.н., член-кор. НАПН України, ректор ОНАЗ ім. Попова – голова оргкомітету;

**І.В. Троцишин** – академік УТА, академік МАІТ, професор, д.т.н, головний редактор МНТЖ "ВОТТП" – заступник голови оргкомітету;

**Члени оргкомітету:**

**Т.В. Борботько** (Білорусія, Мінск);  
**Бубулис Алгимантас**, (Литва);  
**Вільям Кей Джі** (Республіка Корея)  
**Натріашвілі Тамаз Мамієвич**, (Грузія)  
**М.Н. Гладков** (National Instruments)  
**В.Б. Дудикевич** (Україна, Львів)  
**М.П. Дивак** (Україна, Тернопіль)  
**Жултовський Богдан**, (Польща)  
**В.Г. Здоренко** (Україна, Київ)  
**С.М. Злепко** (Україна, Вінниця)  
**В.Г. Каплун** (Україна, Хмельницький)  
**В.А. Каптур** (Україна, Одеса)  
**В.М. Кичак** (Україна, Вінниця)  
**В.Т. Кондратов** (Україна, Київ)  
**Є.В. Коробко** (Білорусія)  
**І.В. Кузьмін** (Україна, Вінниця)  
**Я.І. Лепіх** (Україна, Одеса)  
**А.О. Мельник** (Україна, Львів)  
**Мансуров Тофік Магомедович**,  
 (Азербайджан)  
**С.В. Павлов** (Україна, Вінниця)

**О.М. Петренко** (Англія, Лоднон)  
**С.К. Підченко** (Україна, Хмельницький)  
**Попов Валентин**, (Німеччина);  
**О.П. Пунченко** (Україна, Одеса)  
**В.П. Ройзман** (Україна, Хмельницький)  
**О.Н. Романюк** (Україна, Вінниця)  
**В.В. Романюк** (Україна, Хмельницький)  
**О.П. Ротштейн** (Ізраїль, Єрусалим)  
**В.П. Тарасенко** (Україна, Київ)  
**А.В. Толбатов** (Україна, Суми)  
**Ю.М. Туз** (Україна, Київ)  
**В.В. Себко** (Україна, Харків)  
**М.М. Сурду** (Україна, Київ)  
**П.М. Сопрунюк** (Україна, Львів)  
**О.П. Стахов** (Канада)  
**Й.І. Стенцель** (Україна, Северодонецьк)  
**В.Ю. Цветков** (Білорусія, Мінск);  
**О.Б. Шарпан** (Україна, Київ)  
**К.Л. Шевченко** (Україна, Київ).

65029, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1, к. 101, ОНАЗ, Головному редактору МНТЖ "ВОТТП", Оргкомітет 18-ї МНТК "ВОТТП-18-2018". тел: 097-684-34-29. E-mail: [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)

Детальну інформацію про умови участі та роботу конференції Ви можете отримати, завітавши на веб-сайт журналу "ВОТТП": <http://fetronics.ho.com.ua>, або e-mail: [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)

**Загальна сума** до перерахування (від 200 до 450 грн.) визначається учасниками самостійно: - **оргвнесок для учасників які будуть присутні на засіданнях складає 250 грн**,

**Крім того, додатково:- за збірник праць –200 грн (2 сторінки), 250грн (3 сторінки), - додатковий збірник – + 100грн.**

і перераховується за одним з вказаним реквізитів:, або електронним переказом на картковий рахунок, **який буде вказано у висновку про прийняття доповіді до друку** **Оплата до 15 травня 2018** з обов'язковою поміткою "участь у 18-тій МНТК (ППП першого із авторів)"

В заявці на участь вказують: назву доповіді, секції в яку вона направляється, прізвища та ініціали авторів із вказівкою наукових ступенів, звань, посад, телефонів для зв'язку, адреси для надсилання запрошень, **кількість місць для проживання на базі відпочинку ОНАЗ**, термін перебування, копію платіжного доручення та кількість збірників.

*Для учасників які бажають замовити проживання у готелях м. Одеса або гуртожитках ОНАЗ, додаткову інформацію можливо отримати у Оргкомітеті з 10 по 25 травня,. [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com), тел. 097-684-34-29.*

***Для тих, хто не зможе особисто бути присутнім на конференції, але має бажання опублікувати матеріали доповіді або інформаційне повідомлення чи придбати збірник наукових праць:***

Для публікації доповіді чи рекламного листка **від 2 до 3 повних сторінок А4** необхідно до **10 травня 2018 року** надіслати матеріали, оформлені згідно "Вимог 18-ї МНТК", та **перерахувати (без ПДВ):** за (за 2-ї сторінки –200грн, за 3-и сторінки – 250грн) **за кожен окрему доповідь на р/р Оргкомітету.**

Обов'язково потрібно вказати адресу або (Н/П), для надсилання збірників матеріалів.

Для **іноземних організацій та громадян** оплата проводиться в доларах США і **складає 30\$**, котрі перераховуються на рахунок Оргкомітету: (Web Manі) або у гривнях по курсу НБУ на день перерахування.

В будь-якому випадку потрібно повідомити про участь в конференції та надіслати листом (поштою) або на **e-mail: [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)** копію платіжного доручення або квитанції про сплату організаційного внеску.

### ***Контрольні дати***

Реєстрація заявки на участь до 10 травня 2018 р.

Оплата оргвнесків до 15 травня 2018 р.

Подача матеріалів до збірника конференції до 10 травня 2018 р.

Розсилка запрошень на конференцію до 25 травня 2018 р.

Початок реєстрації 8 червня 2018 р. з 09-00 годин

**База відпочинку «Електрон» ОНАЗ ім. О.С.Попова**, с.м.т. Затока, Одеської обл. з.п. «Караліно-Бугаз», тел. +38-097-684-34-29, e-mail: [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)

***Увага!*** Про стан підготовки та зміни в регламенті конференції інформація на <http://fetronics.ho.com.ua> або **звертайтесь за поштою** e-mail: [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)

**Вимоги до оформлення матеріалів тез доповідей**

Матеріал тез однією із мов: (українська, російська, англійська) подається на аркушах формату А4 (210x297), об'єм 2-3 сторінки (повні), інтервал 1.0. Поля: ліве-30 мм, праве-20 мм; верхнє-25 мм; нижнє-25мм. Статті у редакторі *Word for Windows*. Рисунки і фотографії слід поміщати в тексті. Для набору тексту використовувати редактор *Word for Windows 8.0 та вищі версії*. Тези набрані в редакторі **Word 2007 та вище** подавати в оригінальному форматі DOC та копію в форматі DOC(2003). Рисунки бажано виконувати у графічному редакторі (наприклад COREL DRAW) та зберігати у форматі TIF, GIF або JPG з якістю не нижче 300 dpi, або використовувати векторну графіку з внесеними шрифтами в файл.

**Вимоги до набору матеріалу.** Для набору тексту статті використовувати шрифт Times New Roman, 10. При наборі формул використовувати вбудований в Word for Windows редактор формул або рекомендується MathType 5.0 та вище (всі символи по тексту повинні бути набрані в редакторі формул).

В якості стилів використовувати:

- **Text:** Times New Roman Cyr, italic; - **Function:** Times New Roman Cyr, italic;
- **Variable:** Times New Roman Cyr, italic; - **L.C. Greek:** Symbol; - **U.C. Greek:** Symbol; - **Symbol:** Symbol; - **Matrix-Vector:** Times New Roman Cyr, bold; - **Number:** Times New Roman Cyr.

**Розміри:** Full - 12 pt; Subscript/Superscript - 7 pt; Sub-Subscript/Superscript-5 pt; Symbol - 18 pt; Sub- Symbol - 12pt.

Перелік літератури оформляється згідно **правил оформлення літератури** і подається загальним списком у кінці статті. Список складається за чергою посилань у тексті (а не за абеткою). У тексті рукопису посилання на літературу ставляться в квадратні дужки.

**УВАГА:** Анотація англійською мовою повинна містити не МЕНШЕ 1800 знаків!! (СКОПУС).

Посилання на ще не опубліковані праці не допускаються.  
Матеріали повинні мати рецензії, експертні висновки та надіслані до кінцевого терміну 10 травня 2018 року.

УДК 621.397

Зразок оформлення матеріалів тез доповідей

В.В. ПИЛЯВСКИЙ

Одеська національна академія зв'язкуім. О.С. Попова  
v.pilyavskiy@ukr.net

**ПОБУДОВА АТЛАСУ КОЛЬОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РІВНОКОНТРАСТНОГО ПРОСТОРУ CAM02-UCS**

*Представлено побудову атласу кольорів в рівноконтрастному кольоровому просторі CAM02-UCS та трансформації набору отриманих кольорів в загальноприйнятій системі, такі як XYZ*

*Ключові слова: атлас кольорів, рівноконтрастний простір, Xyu, CIECAM02, CAM02-UCS*

V.V. PILYAVSKIY

Odessa national academy of telecommunication a.n. O.S. Popov  
v.pilyavskiy@ukr.net

**BUILDING COLOR ATLAS WITH USE OF UNIFORM COLOR SPACE CAM02-UCS**

*Annotation – The method of building color atlas with use of uniform color space CAM02-UCS and transformation of obtained color into conventional color spaces such as XYZ are presented*

*Keywords: Color atlas, uniform color space, Xyu, CIECAM02, CAM02-UCS*

Подається текст матеріалів тез доповідей в стислому вигляді (сама суть праці) **не більше 3 сторінок А4**. Шрифт – Times New Roman, 10 pt.

**Література**

**References**

**(наводиться перелік літератури транслітерацією ЛАТИНСКИМИ буквами.**

**Переклад наводиться тільки для тих статей, що мають другу назву англійською мовою в оригіналі статті)**

**Рекомендовано до друку рішенням  
Хмельницького регіонального відділення Української технологічної академії,  
протокол № 1 від 29.03.2018 р.**

Підп. до друку 27.03.2018 р. Ум.друк.арк. 26,51 Обл.-вид.арк. 24,74  
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.  
Наклад 100, зам. № 6590

Надруковано в типографії «ВМВ»  
(Свідоцтво про видавничу діяльність ДК № 4612 від 05.09.2013)  
Україна, 65069, Одеса, пр-т. Добровольського, 82а  
тел. (048) 751-14-87; тел./факс 751-15-80, www.vmv.odessa.ua