

# МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ



## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ І НАУКИ

присвячена 95-річчю від дня народження доктора технічних наук,  
професора Душенка Віктора Павловича

Збірник матеріалів конференції

25-26 травня 2017 року  
м. Київ, Україна

Міністерство освіти і науки України  
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
Національна академія педагогічних наук України  
Академія вищої освіти України  
Інститут тепло- і масообміну імені А.В. Ликова НАНБ (Республіка Білорусь)  
Інститут технічної теплофізики НАН України  
Шуменський університет імені Єпископа Костянтина Преславського (Болгарія)  
Каширський інженерно-економічний інститут (Республіка Узбекистан)  
Національний університет харчових технологій  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
Рівненський державний гуманітарний університет  
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського  
Житомирський державний університет імені Івана Франка

**Міжнародна науково-практична конференція**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ  
ОСВІТИ І НАУКИ**

присвячена 95-річчю від дня народження доктора технічних наук,  
професора Дуценка Віктора Павловича

**Збірник матеріалів конференції**

**25-26 травня 2017 року  
м.Київ, Україна**

**Тези доповідей** Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми фізико-математичної освіти і науки», присвяченої 95-річчю від дня народження доктора технічних наук, професора **Дущенка В.П.** 25-26 травня 2017 року, Київ, Україна – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – С.250.

### **Організаційний комітет**

**В.П. Андрущенко** – ректор НПУ імені М.П. Драгоманова, академік НАПН України, член-кореспондент НАН України, доктор філософських наук, професор (**голова оргкомітету**);

**М.В. Працьовитий** – декан Фізико-математичного факультету НПУ імені М.П. Драгоманова, доктор фізико-математичних наук, професор (**заступник голови оргкомітету**);

**Г.М. Торбін** – проректор з наукової роботи НПУ імені М.П. Драгоманова, доктор фізико-математичних наук, професор (**заступник голови оргкомітету**);

**І.Т. Горбачук** – завідувач кафедри методології та методики навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи НПУ імені М.П. Драгоманова, академік АНВО України, професор (**заступник голови оргкомітету**);

**С.А. Пудченко** – аспірант кафедри методології і методики навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи НПУ імені М.П. Драгоманова (**відповідальний секретар**);

**М.С. Корець** – проректор з науково-педагогічної та адміністративно-господарчої роботи, доктор педагогічних наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін;

**В.П. Сергієнко** – декан факультету перепідготовки та підвищення кваліфікації НПУ імені М.П. Драгоманова, доктор педагогічних наук, академік АНВО України, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, заслужений працівник освіти;

**А.В. Касперський** – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, академік АНВО України, професор, завідувач кафедри прикладних природничо-математичних дисциплін, відмінник освіти України;

**В.Ф. Заболотний** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського;

**Я.В. Гончаренко** – кандидат фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики НПУ імені М.П. Драгоманова;

**І.М. Гасюк** – декан фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, доктор фізико-математичних наук, професор;

**Н.Н. Гринчик** – доктор технічних наук, Інститут тепло- і масообміну імені А.В. Лыкова НАН Беларусі;

**М.В. Дідовик** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського;

**М.В. Лазаренко** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики Національного університету харчових технологій;

**О.К. Ткаченко** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри фізики Житомирського державного університету імені Івана Франка;

**Ю.А. Мусієнко** – старший викладач НПУ імені М.П. Драгоманова.

## ***Тередмова***

Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми фізико математичної освіти і науки», присвяченої 95 річниці від дня народження видатного діяча освіти і науки України, завідувача кафедри загальної фізики КДПІ імені О.М. Горького, нині НПУ імені М.П. Драгоманова, професора Дуценка Віктора Павловича.

Наукові праці учнів наукової школи В.П. Дуценка та багатьох інших науковців України, Білорусі, Болгарії, Франції, Узбекистану, Алжиру представлені у вигляді пленарного засідання та трьох тематичних напрямів секційного засідання.

**Секція I.** Дослідження в галузі теплофізики дисперсних і полімерних матеріалів.

**Секція II.** Історія, методологія і методи навчання фізико-математичних дисциплін у ВНЗ.

**Секція III.** Сучасні комп'ютерні технології в освіті і науці.

Наукова і практична спадщина професора Дуценка В.П. неоціненна як з точки зору пізнання набутого досвіду науковця, професіонала у галузі молекулярної теплофізики, тепло-, масо- і електропереносу у дисперсних капілярно-пористих середовищах, у галузі теплофізики полімерних матеріалів і композитів на їх основі, так і практики проведення експериментальних досліджень, а також досвіду мудрого вихователя, вчителя-новатора у галузі дидактики, психології та педагогіки.

Від організаційного комітету семінару велика вдячність всім колегам і друзям, послідовникам наукової школи професора Дуценка В.П., які знайшли можливість взяти участь у роботі конференції і представити свої наукові здобутки.

Покладатимемо надію на подальшу дружбу і співпрацю у галузі великої науки і сучасної освіти.

## *Шановні учасники конференції!*

*Від імені багатотисячного колективу драгоманівців, від імені керівництва університету вітаю Вас з початком роботи Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми фізико-математичної освіти і науки», присвяченої 95 річниці від дня народження видатного вченого, педагога і вихователя студентської молоді, доктора технічних наук, професора Віктора Павловича Дуценка.*

*Наукова, науково-методична, організаційна, психолого-педагогічна спадщина професора Дуценка В.П. надзвичайно велика і цю спадщину потрібно вивчати, обдумувати і трансформувати у навчальний процес вищої школи для підготовки вчителів нового покоління сучасної української школи.*

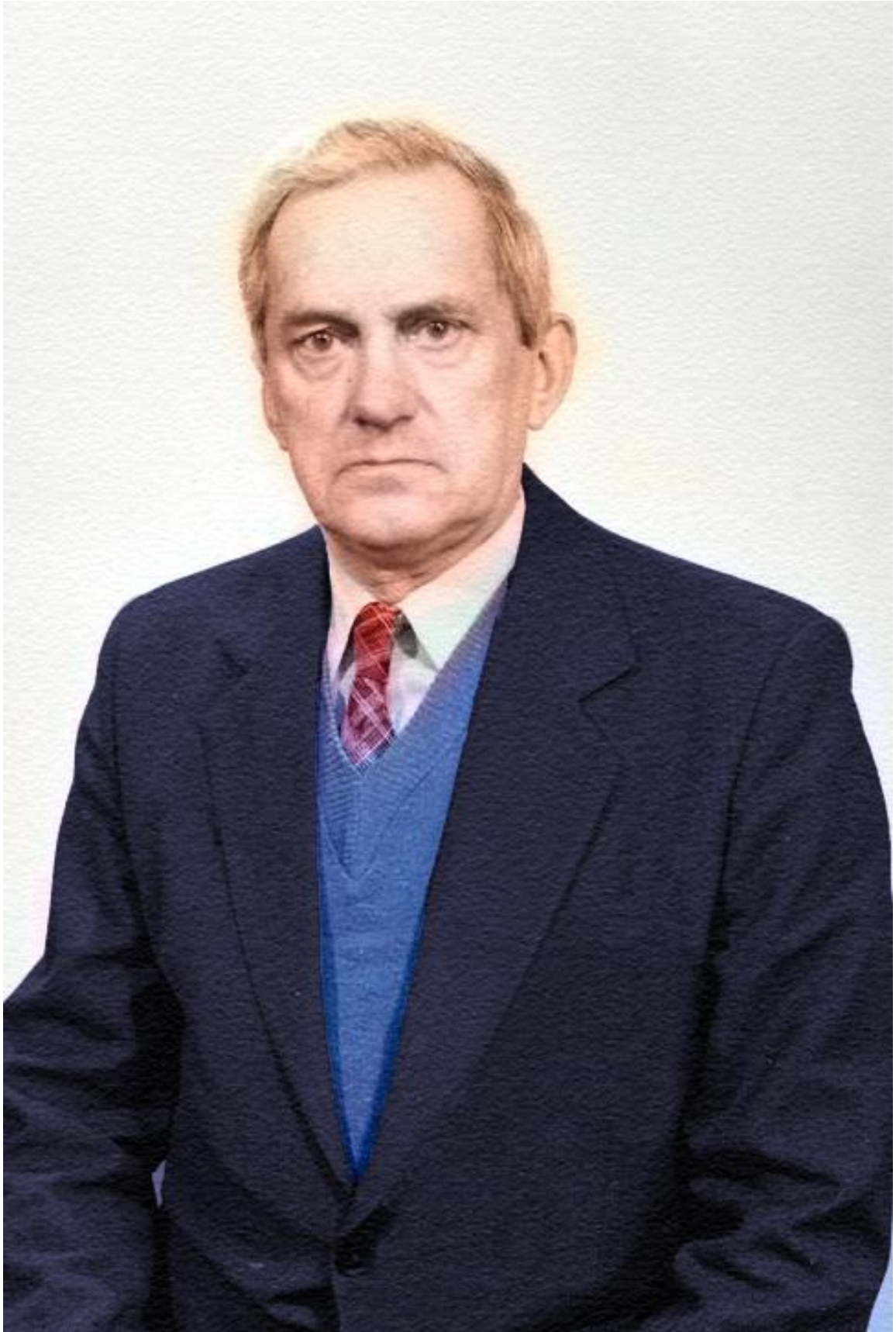
*В університеті, на кафедрах і факультетах формується добра традиція через аспірантуру та захист дисертацій, через написання монографій та посібників вивчати спадщину видатних науковців, педагогів, організаторів освіти, їх наукові школи, ідеї і методичні підходи щодо навчання та виховання молоді.*

*Такі дослідження формують відчуття єдності, родинності і неперервності поколінь та продовження пам'яті про своїх вчителів, збереження традицій, прихильності до науки, пізнання світу і самих себе у порівнянні. Збереження любові і поваги до тих, кого знали, з ким жили і працювали. Для виховання і самовиховання, для прикладу наступним поколінням.*

*Може хтось колись згадає і нас, прочитавши наші і ваші результати праці.*

*Я вітаю присутніх і відсутніх авторів наукових праць, представлених у збірнику матеріалів конференції, і бажаю успішної та результативної роботи на користь освіти і науки України.*

*З повагою,  
ректор НТТУ ім. М.П. Драгоманова,  
доктор філософських наук, професор,  
член-кореспондент НАН України,  
академік Асоціації ректорів  
педагогічних університетів Європи  
В.П. Андрущенко*





*Дущенко Віктор Павлович*  
*(1922-1985)*

Народився В.П. Дущенко 19 червня 1922 року в м. Кременчуці Полтавської області. У 1928 році вступив до першої фабрично-заводської семирічки (ФЗС), яку на «відмінно» закінчив у 1935 році. Одразу після закінчення ФЗС вступає у середню школу, яку закінчує у 1938 році так само на «відмінно». Маючи атестат відмінника вступає до Кременчуцького педагогічного інституту на фізико-математичний факультет. Закінчує 2 курси. Закінчити повий курс навчання у Кременчуцькому інституті В.П. Дущенко не пощастило, оскільки у 1940 році він був призваний до лав Червоної Армії. Під час Другої світової війни воював на Центральному і Першому Білоруському фронтах. У грудні 1945 року згідно Указу Президії Верховної Ради СРСР, як такий, що не закінчив ВУЗ, був демобілізований з армії. Вже у лютому 1946 року поступає на 2 курс (4 семестр) фізико-математичного факультету Київського державного педагогічного інституту імені О.М. Горького і у 1948 році його закінчує. З 1948 по 1951 роки навчався в аспірантурі на кафедрі фізики зі спеціальності "молекулярна фізика" під керівництвом професора М.Ф. Казанського.

З 1951 по 1955 роки працював на посаді завідувача кафедри фізики Івано-Франківського педагогічного інституту. У 1952 р. Віктор Павлович Дущенко захистив кандидатську дисертацію на тему "Дослідження фізичного змісту критичних точок кривих швидкості сушіння колоїдних капілярно- пористих речовин". З 1955 року В.П. Дущенко - доцент кафедри фізики Київського інституту харчової промисловості, а з вересня 1963 року - доцент кафедри фізики КДПІ. У 1968-1985 роках В.П. Дущенко завідував кафедрою фізики, а потім кафедрою загальної фізики КДПІ імені О.М. Горького.

В 1977 р. В.П. Дущенко захистив докторську дисертацію "Кинетика и динамика внутреннего тепло- и массопереноса в твердых дисперсных системах" зі спеціальності "теплофізика". В 1978 році йому було присвоєно вчене звання професора.

Віктор Павлович Дущенко за час роботи в КДПІ імені О.М. Горького відзначався глибокими знаннями в усіх галузях фізичної науки, проявляв широку ерудицію, високу культуру, душевну теплоту і простоту у взаєминах з викладачами, аспірантами і студентами. Він був відомим вченим теплофізиком не лише в Україні, але й за її межами. У 70-80-х роках професор В.П. Дущенко був головою секції "Теплофізичні властивості речовини" Наукової ради з теплофізики АН УРСР та керував науковою роботою аспірантів і співробітників кафедри загальної фізики. Під керівництвом професора В.П. Дущенко було підготовлено і захищено 3 докторські та 37 кандидатських дисертацій.

Професор В.П. Дущенко є автором понад 300 наукових праць, в тому числі підручників і навчальних посібників для педінститутів і шкіл. Серед них: Дущенко В.П., Кучерук І.М. Курс загальної фізики: «Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка»: навч. посібник. –К.: Вища шк., 1987. – 430 с.; Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізика. «Оптика.» Квантова фізика»: навч. посібник. –К.: Вища шк., 1991. – 463 с.; Фізичний практикум: навч. посібник для пед. ін-тів / В.П. Дущенко, В.М. Барановський, П.В. Бережний та ін.; за заг. ред. В.П. Дущенко. – К.: Вища шк., 1981. – Ч. 1. – 248 с.; Теоретична фізика. «Класична механіка»: Навч. посібник для фіз.-мат. фак-тів пед. ін-тів / В.О. Андреев, В.П. Дущенко, А.М. Федорченко. – К.: Вища шк., 1984. – 224 с.

У системі Академії наук УРСР Дущенко В.П. був членом і головою методичних рад Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти та Міністерства народної освіти України, членом редакційних колегій ряду наукових журналів у галузі теплофізики, членом редакційної Ради з фізики видавництва "Вища школа", членом Наукової ради з проблем "Масо- і теплоперенос у технологічних процесах" Держкомітету Ради Міністрів СРСР по науці і техніці та виконував інші організаційно-наукові роботи на громадських засадах. В.П. Дущенко був незмінним членом Вченої ради та головою бібліотечної ради в КДПІ.

В.П. Дущенкою була створена власна наукова школа у галузі тепломасопереносу. Дослідження, які він започаткував, продовжують його учні в Україні та за її межами: доктори наук, професори – М. І. Шут, О.Ф. Буляндра, П.П. Луцик, І.М. Кучерук, Б. С. Колупаєв, А.В. Касперський, І.Т. Горбачук; В.М. Барановський, В.В. Левандовський, Т.Г. Січкара, І.А. Романовський, М.В. Клименко, Ю.М. Краснобокий, В.С. Титюченко, М.С. Панченко, В.М. Смола, Орландо Лопес та інші.

За багаторічну сумлінну педагогічну діяльність та успіхи у науковій роботі професор В.П. Дущенко був нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора, нагрудними знаками "Отличник просвещения СССР" і "Відмінник народної освіти УРСР", медаллю "За трудову доблесть" та іншими нагородами. Помер В.П. Дущенко 5 листопада 1985 року на 64 році життя.



## **Тематичний напрям**

**Дослідження в галузі  
теплофізики дисперсних  
і полімерних матеріалів**

### **Секція I**

**Баглюк С.В.,**

кандидат фізико-математичних наук, доцент

**Лазаренко М.В.,**

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Київський національний університет харчових технологій.

**Алексєєв О.М.,**

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник, завідувач НДЛ

**Лазаренко М.М.,**

кандидат фізико-математичних наук, асистент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Київ, Україна

*maxs@univ.kiev.ua*

## **РЕЛАКСАЦІЙНА СПЕКТРОМЕТРІЯ ТА ЇЇ ПРИКЛАДНЕ ЗНАЧЕННЯ**

Релаксаційна спектроскопія [1,2] з використанням тонкої структури неперервних релаксаційних спектрів і дискретного спектра часів релаксації є одним із методів дослідження структури і релаксаційних механізмів в конденсованих середовищах. У фізиці твердого тіла об'єкт дослідження розглядається як система, що складається з слабо взаємодіючих підсистем. Зондуючи таку систему різними силовими полями (механічним, магнітним, електричним, тепловим) отримуємо відгук від них. Слід зазначити, що механічні і теплові поля впливають на всі підсистеми досліджуваних тіл і являються найбільш інформаційними.

Релаксаційна спектроскопія полімерів була створена Г.М. Бартенєвим і отримала подальший розвиток у школі, створеній В.П. Душенком та М.І. Шутом за участю Лазаренка М.В., Баглюка С.А., Січкаря Т.Г., Клименка М.В., Касперського А.В., Заболотного В.Ф., Янчевського Л.К., Даниленка Г.Д., Рехтети М.А. та багатьох інших вчених. До співпраці Г.М. Бартенєва, який працював в Інституті фізичної хімії (м. Москва) з кафедрою загальної фізики (Педагогічний інститут, м. Київ) теорія релаксаційної спектроскопії була обмежена дослідженнями спектрів релаксації з використанням, в основному, механічних методів. В результаті такої співпраці було встановлено зв'язок між процесами структурної релаксації різних типів (теплової, механічної, діелектричної). Це розширило теорію релаксаційної спектроскопії та дозволило глибше розуміти процеси молекулярно-теплого руху молекул.

На сьогодні релаксаційна спектроскопія широко застосовується для дослідження полімерних композиційних матеріалів і інших матеріалів, зокрема оліє-жирові сполуки. Показано, що в сполуках які включають триацилгліцериди насичених жирних кислот спостерігається діелектрична релаксація. В оліє-жирових сполуках, до складу яких входять триацилгліцериди поліненасичених жирних кислот, діелектрична релаксація не спостерігається. Відомо, що для людини корисне вживання в їжу олійно-жирових сумішей, які містять радикали поліненасичених жирних кислот. Був розроблений метод на основі релаксаційної спектроскопії для визначення вмісту насичених та ненасичених радикалів жирних кислот в харчових оліє-жирових сполуках та були запропоновані молекулярні механізми діелектричної релаксації, пов'язані з рухливістю нелінійних конформаційних утворень – топологічних солітонів в цих системах.

#### Література

1. Френкель С. Я., Бартенев Г. М. Физика полимеров. Л.:Химия. – 1990.
2. Бартенев Г.М., Шут Н.И. Дущенко В.П., Лазоренко М.В. Релаксационный переход и сегментальная подвижность в межфазном слое наполненного эластомера // Высокомолекулярное соединение, 1986. Сер. А. — Т. 28. — № 3. — С. 463.

**Баглюк С.В., Лазаренко М.В., Алексеев О.М., Лазаренко М.М. Релаксаційна спектроскопія та її прикладне значення.**

**Анотація.** Релаксаційна спектроскопія є одним із методів дослідження структури і релаксаційних механізмів в конденсованих середовищах. На сьогодні релаксаційна спектроскопія широко застосовується для дослідження полімерних композиційних матеріалів. На основі релаксаційної спектроскопії розроблений метод визначення вмісту насичених та ненасичених радикалів жирних кислот в харчових жирових сполуках.

**Ключові слова:** Релаксаційна спектроскопія, полімерні композиційні матеріали.

**Bahlyuk S.V., Lazarenko M.V., Alekseev O.M., Lazarenko M.M. Relaxation spectrometry is also applied.**

**Abstract.** Relaxation spectrometry is one of the methods of research structure and relaxation mechanisms in condensed matter. Today relaxation spectrometry is widely used to study polymer composite materials. Based relaxation spectrometry method of examining the content of saturated and unsaturated fatty acid radicals in fatty food compounds.

**Key words:** Relaxation spectrometry, polymer composite materials.

**Бендик А.А.**  
студентка 3 курсу фізико-математичного факультету  
*cool.kletka@yandex.ru*

**Пустовий О.М.**  
викладач кафедри фізики та астрономії  
*olegpustov@mail.ru*

**Шепета О.М.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики та астрономії  
Чернігівський національний педагогічний університет  
імені Т.Г. Шевченка  
Чернігів, Україна  
*olegpustov@mail.ru*

## **ПРОСТОРОВІ ГРУПИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У КВАНТОВІЙ ТЕОРІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА**

Теорія груп є одним з найпотужніших інструментів для дослідження фізичних систем, які мають симетрію. До таких систем відносяться молекули та кристали.

Взагалі, поняття групи виникло у XVIII ст. та походить з кількох дисциплін: теорії розв'язання алгебраїчних рівнянь в радикалах, проєктивній геометрії, теорії чисел та ін.

В працях Ж. Лагранжа і А. Вандермонда в 1771 р. вперше для потреб теорії розв'язання алгебраїчних рівнянь в радикалах були застосовані підстановки і було отримано розкладання групи підстановок на суміжні класи. У XIX ст. глибокі зв'язки між властивостями групи підстановок і властивостями рівнянь були вказані Н. Абелем в 1824 р і Е. Галуа в 1830 р. Особливо слід відзначити досягнення Е. Галуа в теорії груп. Він відкрив роль нормальних підгруп у вирішенні задачі про можливість розв'язання рівнянь у радикалах, встановив простоту знакозмінних груп ступеня вище чотирьох. К. Жордан систематизував і розвинув дослідження в цьому напрямку в трактаті про групи підстановок у 1870 р.

У проєктивній геометрії групи виникають, коли вивчається поведінка фігур при різних перетвореннях, що перейшло на вивчення самих перетворень і пошук їх класифікації (тут можна назвати ім'я А. Мебіуса, що досліджував елементарні види спорідненості геометричних фігур).

Теоретично групові ідеї простежуються і в теорії чисел. Л. Ейлер в 1761 р при вивченні «відрахувань, що залишаються при діленні ступенів» користувався порівняннями і розбиттям на класи вирахувань, на суміжні класи по підгрупі. К. Гаус в 1801 р. у «Арифметичних дослідженнях» визначив підгрупи групи Галуа рівняння поділу кола і при вивченні «композиції довічних квадратичних форм» довів, що класи еквівалентних форм утворюють відносно композиції кінцеву Абелеву групу.

Сучасне визначення поняття «група» було дано тільки в 1882 р Вальтером фон Дюком.

У середині XX століття (в основному, між 1955 і 1983 рр.) була проведена величезна робота по класифікації всіх кінцевих простих груп, що включає десятки тисяч сторінок статей.

Теорія груп – це розділ загальної алгебри, що вивчає алгебраїчні структури, які називаються групами, і їх властивості. Група є центральним поняттям в загальній алгебрі, так як багато важливих алгебраїчних структур таких як кільця, поля, векторні простори, являють собою групи з розширеним набором операцій і аксіом. Групи виникають у всіх областях математики, і методи теорії груп сильно впливають майже на всі розділи алгебри. У процесі розвитку теорії груп було побудовано потужний інструментарій, який багато в чому визначив специфіку загальної алгебри в цілому, сформовано власний глосарій, елементи якого активно запозичуються суміжними розділами математики. Найбільш розвинені галузі теорії груп – лінійні алгебраїчні групи і групи Лі – стали самостійними областями математики.

Різні фізичні системи, такі як кристали або атом водню, мають симетрії, які можна змодельовати групами симетрії, таким чином знаходячи важливі застосування теорії груп і тісно пов'язаної з нею теорії зображень у фізиці і хімії.

Вчення про просторові групи та їх застосування у квантовій теорії твердого тіла зіграло дуже важливу роль в розвитку науки про метали та напівпровідникові кристали. Успіхи, досягнуті в теорії напівпровідників, і їх швидке впровадження в техніку за останні десятиріччя значною мірою обумовлені застосуванням методу теорії груп до дослідження їх електронного енергетичного спектра і хвильових функцій.

Відзначимо, що застосування теорії просторових груп до фізики твердого тіла має вирішальне значення, так як в твердих тілах не можна нехтувати кристалічною структурою речовини і тому не можна обійтися без послідовно розвиненого математичного апарату теорії груп.

Бете першому вдалося з успіхом застосувати теорію груп до квантової фізики твердого тіла. Він теоретично дослідив розщеплення полем кристала рівнів, вироджених у вільному атомі. Наступним дуже важливим етапом стала серія робіт Зейца, які присвячені теорії просторових груп. Згаданими роботами Зейца і фундаментальною роботою Баукарта, Смолуховського і Вігнера було покладено початок цілій серії робіт, присвячених зонній теорії твердого тіла.

Ідеальним кристалічним ґраткам завжди притаманна деяка просторова симетрія, що є поєднанням точкової симетрії та трансляційної. Тому, в застосуванні до фізики твердого тіла теорія груп представляє, по суті, теорію симетричних властивостей кристалічних систем.

Отже, можемо зробити висновок: викладені нами основні принципи дослідження квантово-механічних систем за допомогою теорії груп показують, що питання, які лежать в основі квантової фізики твердого тіла, можуть бути розглянуті з найбільшою глибиною і повнотою тільки при використанні апарату теорії просторових груп. Властивості симетрії фізичних систем повинні ширше використовуватися при вирішенні конкретних завдань і, особливо, у випадку складних квантомеханічних систем, де точні кількісні розрахунки не можуть бути проведені, і тому важливо отримати якомога більшу кількість результатів всіма методами. Крім того, результати, отримані за допомогою теорії груп, є більш строгими в силу феноменологічного характеру самої теорії симетрії. Загальні положення деталізуються при розгляді зонної теорії твердих тіл з точки зору теорії груп і це можна проілюструвати, зокрема, при дослідженні енергетичного спектру та класифікації станів у лінійному ланцюгу і при вивченні властивостей електрона в полі кубічної симетрії. Принципово, вони можуть бути застосовані і до ґраток складнішої симетрії. Останнім часом теорія просторових груп починає займати видатне місце також при дослідженні магнітної симетрії.

#### Література

1. Б.Ю. Мельников «Основи теории групп» - Екатеринбург, 2010. – 512 с.
2. А. В. Соколов, В. П. Широковский «Метод теории групп в квантовой физике твердого тела» - Москва, 1956. – 72 с.
3. Е.Н. Иванов «Теория групп и ее применения в физике». – Москва, 2006. – 97 с.
4. Г. Штрайтвольф «Теория групп в физике твердого тела». – Москва, 1971. – 262 с.
5. Г.Я. Любарский «Теория групп и физика». – Москва, 1986. – 224 с.
6. Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин «Теория групп и ее приложения». – Казань, 2015. – 123 с.

**Бендик А.А., Пустовий О.М., Шепета О.М. Просторові групи та їх застосування у квантовій теорії твердого тіла.**

**Анотація.** У статті розповідається історія створення вчення про просторові групи та їх застосування у квантовій теорії твердого тіла. Показано, що саме застосування методу теорії груп до дослідження електронного енергетичного спектра і хвильових функцій обумовило успіхи, досягнуті в теорії напівпровідників і металів. Цей матеріал буде цікавим для студентів, якщо його використовувати на лекціях із загальної фізики, математики та фізики твердого тіла.

**Bendik A., Pustovyi O., Shepeta O. Space groups and their applications quantum theory of solids.**

**Abstract.** The article tells the history of the theory of space groups and their applications in quantum theory of solids. It is shown that this method of application of group theory to the study of electron energy spectrum and the wave functions led to achievements in the theory of semiconductors and metals. This material will be interesting for students when used in lectures on general physics, mathematics and solid state physics.

**Білюк А.А.**  
магістрант факультету математики, фізики і технологій  
Вінницького державного педагогічного університету  
імені Михайла Коцюбинського  
м. Вінниця, Україна  
*e-mail:philosoph.tb@gmail.com*

**Семчук О.Ю.**  
доктор фізико-математичних наук  
провідний науковий співробітник  
Інституту хімії поверхні імені О.О. Чуйка НАН України  
м. Київ, Україна  
*e-mail:aleksandr1950@meta.ua*

**Білюк А.І.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент  
кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії  
Вінницького державного педагогічного університету  
імені Михайла Коцюбинського  
м. Вінниця, Україна  
*e-mail:biliuk.anatoly@yandex.ua*

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ХАРАКТЕР ЗМІНИ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ Si і SiO<sub>2</sub>

На даний час актуальним є питання розробки фізичних основ формування композиційних матеріалів на основі кремнію. Зокрема, формування структур з наночастинками кремнію, вирощених всередині SiO<sub>2</sub>, що володіють рядом властивостей, які забезпечували б їх застосування при створенні нового покоління опто-, мікро- та наноелектронних приладів, таких, як світлодіоди, лазери, елементи пам'яті тощо.

У даній роботі досліджено зміну теплових характеристик матеріалів Si і SiO<sub>2</sub>. Характер зміни теплопровідності Si, SiO<sub>2</sub>, яку характеризує коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$  (Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>) залежно від температури і температуропровідності  $a$  (м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>), вимірювали за допомогою приладу ИТ- $\lambda$ -400. Вимірювання теплоємності  $C$  (Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>) проводили за допомогою приладу ИТ-С-400. Ці пристрої призначені для масових досліджень теплофізичних властивостей. Режим монотонного розігрівання дозволяє з одного досліду отримати відразу температурну залежність досліджуваного параметра. Блок живлення регулює і забезпечує нагрівання ядра вимірювальної комірки зі середньою швидкістю 0,1 К/с та автоматично регулює температуру. В основу роботи вимірювача покладений порівняльний метод динамічного калориметра з тепловимірником і адіабатичною оболонкою [1].

Результати експериментів показали (табл.1), що теплоємність з підвищенням температури зростає.

Таблиця 1

**Характер зміни теплоємності матеріалів Si і SiO<sub>2</sub> від температури**

T, °C		25	50	75	100	125	150	175	200
C, Дж· кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	Si	714	730	759	778	793	802	815	825
	SiO <sub>2</sub> *	725	743	779	795	831	879	921	963
	SiO <sub>2</sub> **	737	758	781	815	857	916	967	1017

\*Матеріал має 1,5% пористості; \*\* Матеріал має 8,5% пористості

Теплопровідність і температуропровідність матеріалів Si, SiO<sub>2</sub> залежно від температури спадає. Результати досліджень показані в таблиці 2.

Таблиця 2

**Залежність теплопровідності і температуропровідності матеріалів Si і SiO<sub>2</sub> від температури**

T, °C		25	50	75	100	125	150	175
λ, Вт· м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> / α·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Si	147/101	133/88	120/75	109/62	99/56,5	89/50,2	80/42,5
	SiO <sub>2</sub> *	14,6/10,0	13,9/9,2	13,3/8,3	12,8/7/3	12,3/7/0	11,7/6/6	11,1/5,9
	SiO <sub>2</sub> **	8,1/5,6	7,7/5,1	7,4/4,6	7,0/3,7	6,7/3,6	6,4/3/5	6,1/3,2

Таким чином, дослідження показали, що теплоємність Si і SiO<sub>2</sub> зростає, а теплопровідність і температуропровідність матеріалів зменшується з підвищенням температури. Разом з тим, така тенденція спостерігається і при фіксованій температурі для даних матеріалів. Ці дані вказують на те, що в матеріалах Si і SiO<sub>2</sub> формується високодисперсна структура, яка містить пори розмірами 100 ÷ 400Å [1,2].

**Література:**

1. Теплофизические измерения и приборы./Е.С. Платунов, С.Е. Буравой, В.В. Курепин, Г.С. Петров: Под. общ. ред Е.С.Платунова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256с.
2. Методы решения задач тепломассопереноса. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде: Учеб. Пособие / Коновалов В.И., Пахомов А.Н., Гатапова Н.Ц., Колиух А.Н.. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.

**Білюк А.А., Семчук О.Ю., Білюк А.І. Вплив температури на характер зміни теплових характеристик матеріалів Si і SiO<sub>2</sub>**

**Анотація:** Методом динамічного калориметра виміряно теплоємність, теплопровідність і температуропровідність матеріалів Si і SiO<sub>2</sub> залежно від температури. Показано, що теплоємність Si, SiO<sub>2</sub> зростає, а теплопровідність і температуропровідність матеріалів зменшується з підвищенням температури. Тобто в матеріалах Si, SiO<sub>2</sub> формується високодисперсна структура, яка містить пори розмірами 100 ÷ 400Å.

**Ключові слова:** теплоємність, теплопровідність, температуропровідність, динамічний калориметр, температуропровідність, дисперсна структура.

**Билиук А.А., Семчук А.Ю., Билиук А.И. Влияние температуры на характер изменения тепловых характеристик материалов Si и SiO<sub>2</sub>**

**Аннотация:** Методом динамического калориметра измерены теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность материалов Si и SiO<sub>2</sub> в зависимости от температуры. Показано, что теплоемкость Si, SiO<sub>2</sub> растет, а теплопроводность и температуропроводность материалов уменьшается с повышением температуры. То есть, в материалах Si, SiO<sub>2</sub> формируется высокодисперсная структура, содержащая поры размерами 100 ÷ 400Å.

**Ключевые слова:** теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, динамический калориметр, температуропроводность, дисперсна структура.

**Biliuk A.A., Semchuk O.Yu., Biliuk A.I. Effect of temperature on the change in the thermal characteristics of materials Si and SiO<sub>2</sub>**

**Summary:** Dynamic calorimeter measured heat capacity, heat conductivity and a heat capacity of materials Si and SiO<sub>2</sub> depending on the temperature. It is shown that the heat capacity of Si, SiO<sub>2</sub> increases and a heat capacity and thermal conductivity material decreases with increasing temperature. That is, the materials Si, SiO<sub>2</sub> is formed of fine structure that contains pore size 100 ÷ 400Å.

**Key words:** heat, thermal conductivity and a heat capacity, dynamic calorimeter, a heat capacity, dysperstna structure.

**Буланин Ф.К.**  
специалист I категории  
**Рогульская О.С.**  
Младший научный сотрудник  
**Полетаев Н.И.**  
д.ф.-м.н., директор  
Институт горения и нетрадиционных технологий  
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова  
**Сидоров А.Е.**  
к.ф.-м.н, доцент кафедры общей и химической физики  
**Шевчук В.Г.**  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой общей и химической физики  
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова  
**Опарин А.С.**  
старший инженер исследовательско-испытательной лаборатории  
аварийно-спасательного отряда специального назначения  
Главного управления Государственной службы Украины  
по чрезвычайным ситуациям в Одесской области  
Одесса, Украина  
*incomb@ukr.net*

## **ВОСПЛАМЕНЕНИЕ И ГОРЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ГАЗОВЗВЕСЕЙ**

В большинстве работ в области физики горения газозвесей (пылей), как экспериментальных, так и теоретических, исследуется горение унитарных пылей, т.е. газодисперсных систем, состоящих из одного горючего и одного газообразного окислителя. При этом, обычно, пыль считается монодисперсной. В рамках такого подхода широкий класс гибридных пылевых систем остается вне внимания исследователей.

В широком смысле, к классу гибридных пылей можно отнести полидисперсную пыль, рассматриваемую как смесь нескольких монодисперсных фракций [1]; бинарные механические смеси различных твердых горючих [2]; газозвеси, содержащие в своем составе соединения различных твердых горючих, например, бориды металлов [3] или сплавы (алюмомагниевого сплава); горючие, содержащие в своем составе твердый и газообразный компоненты (гидриды металлов) [4]. Указанные системы являются перспективными с энергетической точки зрения, особенно в области ракетной техники. Вероятно, наиболее характерным примером гибридных систем является смесь «угольная пыль – метан – воздух», являющаяся причиной разрушительных шахтных взрывов. Изучению таких систем и посвящена данная работа.

Исследования в полидисперсных пылях проводились для порошков алюминия АСД-4 ( $r_{32} = 4,21$  мкм) и АСД-1 ( $r_{32} = 12,06$  мкм) и их смесей в соотношениях по массе 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 в изохорических условиях реактора постоянного объема ( $V = 4$  л, измерялись и рассчитывались взрывные характеристики – максимальное давление и максимальная скорость нарастания давления), а так же в изобарических условиях тонкостенного зонда



объемом 5 л для специально подготовленных порошков алюминия с медианным радиусом  $m = 3$  мкм и различными значениями дисперсии ( $\sigma$ ) и функции распределения по размеру (измерялась видимая и рассчитывалась нормальная скорость ламинарного пламени). В результате исследований установлено, что, во-первых, при соблюдении необходимых условий полной дезагрегации порошка и равномерного запыления реакционного объема удается согласовать данные по взрывным характеристикам, получаемым в условиях украинских и европейских нормативов; во-вторых, показано, что частицы сравнительно крупнодисперсных пылей в волне горения реагируют в диффузионном режиме, а мелкодисперсных – в кинетическом. Нормальная скорость пламени уменьшается по мере возрастания  $\sigma$ , как результат уменьшения удельной реакционной поверхности. Результаты объяснены в рамках широкозонной модели ламинарного пламени, исходящей из предположения о диффузионном режиме горения частиц.

Исследования воспламенения и горения механических смесей проводились для бинарных композиций Al-B, Al-Fe, Al-Mg, Al-Zr, Ti-B, Mg-B, один из компонентов которых является легко-, а другой – трудновоспламеняющимся (B, Al). Экспериментально и теоретически установлено, что добавки легковоспламеняющегося компонента приводят к уменьшению критических температур воспламенения и уменьшению времени задержки воспламенения вследствие термической интенсификации процесса за счет сгорания легковоспламеняющегося компонента. Относительно скорости распространения пламени установлен неаддитивный характер зависимости скорости от общей концентрации горючего и его компонентного состава по сравнению с унитарными пылями.

Исследования гибридных газовзвесей, содержащих в составе соединения различные твердые горючие проводилось для боридов металлов  $AlB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $MgB_{12}$ . Сравнительные экспериментальные исследования процесса воспламенения газовзвесей боридов, исходных компонентов и их механических смесей в пропорциях соответствующих данному бориду, показали, что для аэровзвесей  $MgB_{12}$  критические температуры воспламенения намного ниже таковых для бора и коррелируют с данными для соответствующей механической смеси. Это свидетельствует о термическом механизме влияния легковоспламеняющегося магния. Для остальных боридов критические температуры значительно превосходят таковые для механической смеси и близки к бору. Это свидетельствует о термокинетическом механизме, обусловленном определяющей ролью жидкой окиси бора, покрывающей соединение в процессе воспламенения. Времена задержки воспламенения боридов в несколько раз меньше таковых для бора.

Исследования воспламенения и волнового горения гидрида алюминия ( $AlH_3$ ,  $r_{32} = 35$  мкм), как представителя класса веществ, содержащих в составе исходные твердый и газообразный компоненты показали, что критическая температура воспламенения на 500 градусов ниже, чем для алюминия АСД-4, что обусловлено активной ролью водорода при разложении гидрида. Энергия активации, определенная из данных по воспламенению, соответствует, по литературным данным, энергии активации разложения  $AlH_3$  в условиях термогравиметрических опытов.

Скорость распространения пламени во взвеси гидрида алюминия как в ламинарном режиме (тонкостенные зонды объемом 5 л), так и в турбулентном режиме (свободные облака

объемом  $\sim 40 \text{ м}^3$ ) намного выше таковых для всех порошков алюминия. В случае ламинарного режима обнаружен двухфронтный характер распространения пламени – первичная быстрая волна по газовой смеси выделившегося водорода и воздуха, со скоростями, соответствующими таковым в водород - воздушных смесях, и вторичная волна горения по оставшемуся в результате разложения гидрида и подогретому в первичной волне алюминию.

Сравнительные экспериментальные исследования воспламенения в условиях горизонтальной печи и скорости ламинарного пламени в зондовой установке для гибридных смесей «уголь-метан-воздух», «инертный компонент ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )-метан-воздух» и смеси «метан-воздух», позволили установить, что мелкодисперсный уголь ( $d = 7 \text{ мкм}$ ) является активным компонентом, повышающим скорость распространения пламени в 1,4 раза.

### Литература

1. Опарин А.С. Ламинарное пламя в полидисперсных аэрозвесьях частиц алюминия / А.С. Опарин, А.Е. Сидоров, В.Г. Шевчук // Физика горения и взрыва. – 2015. – Т.51, №6. – С. 22-24.
2. Бойчук Л.В., Шевчук В.Г., Кондратьев Е.Н., Золотко А.Н. «Ламинарное пламя в комбинированных газозвесьях. Постановка задачи» Физика аэродисперсных систем, 2012г. №49 С 67-77.
3. Ягодников Д.А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов./ Д.А. Ягодников. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009, 432 с.
4. Weiser V. On the Oxidation and Combustion of  $\text{AlH}_3$  a Potential Fuel for Rocket Propellants and Gas Generators/ Volker Weiser, Norbert Eisenreich, Andreas Koleczko, Evelin Roth // Propellants, Explosives, Pyrotechnics – 2007. -V.32, - No. 3. P. 213-222.

**Ф.К. Буланин, А.С. Опарин, Н.И. Полетаев, О.С. Рогульская, А.Е. Сидоров, В.Г. Шевчук**  
**Воспламенение и горение гибридных газозвесей.**

**Аннотация.** Проведены экспериментальные и теоретические исследования процесса воспламенения и распространения пламени в гибридных газозвесьях – полидисперсных пылях (Al), механических смесях трудно- и легковоспламеняющегося компонента (Al-B, Al-Fe, Al-Mg, Al-Zr, Ti-B, Mg-B), боридов ( $\text{AlB}_2$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{ZrB}_2$ ,  $\text{MgB}_{12}$ ), гидридах ( $\text{AlH}_3$ ), смесях уголь-метан-воздух.

**Ключевые слова:** воспламенение, горение, гибридные газозвеси, порошки металлов.

**Ph. K. Bulanin, A. S. Oparin, N. I. Poletayev, O. S. Rogulskaya, A. E. Sydorov, V. G. Shevchuk**  
**Ignition and combustion of air-dust combustible hybrid mixtures.**

**Abstract.** Experimental and theoretical studies on ignition and combustion of air –dust combustible hybrid mixtures were taken. Polydisperse aluminum dusts, flammable and highly inflammable metal dusts mechanical mixtures (Al-B, Al-Fe, Al-Mg, Al-Zr, Ti-B, Mg-B), metal borides ( $\text{AlB}_2$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{ZrB}_2$ ,  $\text{MgB}_{12}$ ), aluminum hydride ( $\text{AlH}_3$ ), and coal-methane-air mixtures were studied.

**Key words:** ignition, combustion, flame propagation, hybrid air-dust mixtures, metal dusts.

**Василенко С.Л.**,  
кандидат фізико-математичних наук, доцент  
**Січкарь Т.Г.**,  
кандидат фізико-математичних наук, професор  
кафедри загальної та прикладної фізики  
**Тульженкова О.С.**,  
аспірант кафедри загальної та прикладної фізики  
**Ярошко А.Л.**,  
студент  
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
Київ, Україна  
*tsichkar@ukr.net*

## **ТЕПЛОФІЗИЧНІ ТА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ**

Введення в епоксидний полімер металевих наповнювачів дозволяє значно покращити такі важливі властивості композицій як теплопровідність, електропровідність, міцність тощо. Це досягається не тільки за рахунок безпосереднього адитивного вкладу металевих наповнювачів, але і за рахунок змін, що відбуваються в полімерній епоксидній матриці під впливом наповнювача. Зміни в полімерній матриці традиційно вивчаються калориметричним методом, який є найбільш чутливим до змін структури композицій.

У роботі вивчалися композиції на основі епоксидних смол – епоксидної діанової ЕД-20 (ЕС) і епоксиуританової (ЕУС), затверджених полетиленпіаміном ПЕПА. В якості наповнювачів були використані дисперсні метали: (Ni) – карбонільний нікель з розміром частинок 8-12 мкм; (Cu1) – електролітична дрібнодисперсна мідь з розміром частинок 5-8 мкм; (Cu2) – електролітична крупнодисперсна мідь з розміром частинок 90-120 мкм; (Fe1) – дрібнодисперсне карбонільне залізо з розміром частинок 2-5 мкм; (Fe2) – крупнодисперсне залізо з розміром частинок 90-120 мкм. Частинки заліза і міді фракціонували. Дослідження температурних залежностей питомої теплоємності проводились на динамічному калориметрі. На отриманих залежностях спостерігається класичний стрибок теплоємності при склуванні з чітко вираженими температурами початку та закінчення основного релаксаційного процесу склування. Відповідні значення температурних параметрів процесу склування представлені в таблиці 1.

Аналіз цих результатів показує, що ширина температурного інтервалу склування суттєво змінюється від композиції до композиції, тобто є чутливою до типу наповнювача. Крім того, очевидним є зростання температури склування в ряду ЕС, ЕС-Cu2, ЕС-Fe1, ЕС-Ni. Знання температурних параметрів дозволило за методикою [1] визначити розрахункові значення "м'якої", головної та "жорсткої" складових склування вказаних композицій, які подані в таблиці 2, де  $\Delta T_1$  – розрахунковий температурний інтервал склування низькотемпературної ("м'якої") компоненти склування,  $\Delta T_2$  – розрахунковий температурний інтервал високотемпературної компоненти склування,  $T_{\alpha 1}$  – температура склування "м'якої" компоненти,  $T_{\alpha 2}$  – температура склування "жорсткої" компоненти.

Аналіз даних таблиці 2 показує, що перехід в ЕС близький до ізолюваного, тобто "м'яка" та "жорстка" компоненти збігаються, а отже, склад сегментів сітки близький до гомогенного, що підтверджує висновок динамічних механічних досліджень про близькість епоксидної матриці до повного тверднення при 70 °С. Така ситуація зберігається для композицій ЕС-Fe1 та ЕС-Ni. Іншою вона є для системи ЕС-Cu2, де має місце помітне

розширення сегментального складу з суттєво різними температурами склування від 367 до 375 К.

Таблиця 1.

Температурні параметри процесу склування композицій на основі епоксидної діанової та епоксиретанової смол

Найменування композиції	T <sub>1</sub> , К	T <sub>2</sub> , К	ΔT, К	T <sub>g</sub> , К
ЕС	355	380	25	367
ЕС-Cu2	356	387	31	371
ЕС-Ni	378	400	22	389
ЕС-Fe1	370	387	17	379
ЕУС	351	392	41	373
ЕУС-Cu2	347	373	26	360
ЕУС-Ni	374	404	30	389
ЕУС-Fe1	367	398	31	383

Таблиця 2.

Розрахункові термодинамічні характеристики компонент склування композицій на основі епоксидної та епоксиретанової смол

Найменування композиції	ΔT <sub>1</sub> , К	ΔT <sub>2</sub> , К	T <sub>α1</sub> , К	T <sub>α2</sub> , К
ЕС	23,3	23,4	366	368
ЕС-Cu2	23,4	23,8	367	375
ЕС-Ni	24,8	24,8	390	390
ЕС-Fe1	24,3	24,3	382	382
ЕУС	23,0	24,1	362	379
ЕУС-Cu2	22,8	23,0	358	362
ЕУС-Ni	24,5	24,8	386	391
ЕУС-Fe1	24,1	24,5	379	385

Експериментальні дані [2,3] вказують на кореляцію між процесами механічної та структурної релаксації, тобто йдеться про ідентичність кінетичних одиниць, що відповідають за однакові релаксаційні процеси при структурній та механічній релаксації. Виходячи з цього та змісту часу релаксації, можна вважати, що C<sub>0</sub> в теорії Волькенштейна-Птіцина є фактично півшириною інтервалу релаксаційного переходу на температурній залежності C<sub>p</sub>.

Значення експериментальних та розрахункових параметрів дозволило в подальшому визначити релаксаційні характеристики склування в його складових: V<sub>α1</sub>; V<sub>α</sub>; V<sub>α2</sub> – відповідно періоди коливань сегментів "м'якої", головної та "жорсткої" складових склування, U<sub>α1</sub>, U<sub>α</sub>, U<sub>α2</sub> – відповідно енергії активації склування "м'якої", головної та "жорсткої" складових, ν<sub>1</sub>, ν, ν<sub>2</sub> – рівень кооперованості відповідних компонент склування, тобто кількість кінетичних одиниць, які утворюють ближній порядок; U<sub>α1кооп</sub>; U<sub>αкооп</sub>, U<sub>α1кооп</sub> – енергії активації склування відповідних кооперативів сегментів.

З проведеного в роботі аналізу слідує, що розпад близького до гомогенного складу сегментів ЕС на суттєво різні складові для ЕС-Cu2 при температурі склування "м'якої"

компоненти, близької до характеристик вихідної матриці ЕС, свідчить про те, що взаємодію  $ES \leftrightarrow Cu_2$  слід вважати слабкою. Це підтверджується тим, що характеристики "жорсткої" компоненти  $ES-Cu_2$  нижчі ніж для  $ES-Fe_1$  та  $ES-Ni$ . Навпаки, виродження трьох компонент склування в одну для  $Fe_1$  та  $Ni$  свідчить про гомогенізацію сегментального складу системи  $ES-Fe_1$  та  $ES-Ni$  за рахунок того, що при даному рівню взаємодії  $ES \leftrightarrow Fe_1$  та  $ES \leftrightarrow Ni$  відповідні наповнювачі своєю взаємодією з матрицею забезпечують зв'язування всіх кінетичних одиниць матриці. При цьому абсолютне значення енергії активації, періоду коливань кінетичних одиниць та рівня кооперованості свідчить про те, що ступінь взаємодії матриця – наповнювач зростає в ряду  $Cu_2-Fe_1-Ni$ .

Таким чином, аналіз релаксаційних характеристик складових процесу склування епоксидних композицій дозволяє зробити наступні висновки:

- склування вихідної матриці ЕС близьке до гомогенного, що свідчить про досягнення конверсії, близької до повної;
- розшарування процесу склування системи  $ES-Cu_2$  свідчить про слабкість взаємодії  $ES \leftrightarrow Cu_2$  та неможливість, при даній концентрації наповнювача, поширення впливу цієї взаємодії на весь об'єм полімерної матриці. Можливо, це зв'язано з великим розміром частинок міді ( $Cu_2$  має розмір близько 100 мкм), тобто з малою питомою поверхнею наповнювача;
- гомогенність сегментального складу систем  $ES-Fe_1$  та  $ES-Ni$  свідчить про досягнення оптимальних концентрацій  $Fe_1$  та  $Ni$ , при яких взаємодія наповнювача з матрицею перекриває весь об'єм полімеру. Це є наслідком як високого рівня взаємодії ЕС з поверхнею заліза та нікелю, так і високої питомої поверхні цих наповнювачів.
- зростання активаційних та кооперативних характеристик дозволяє побудувати ряд наповнювачів  $Cu_2-Fe_1-Ni$  в якому зростає активність відповідного наповнювача.

#### Література

1. Янчевський Л.К., Січкарь Т.Г., Василенко С.Л., Шморгун А.В.. Особливості визначення релаксаційних характеристик процесу склування епоксидних полімерів // К.-Матеріали Другої Всеукраїнської конференції викладачів фізики педагогічних інститутів та університетів, 1996 р.
2. Бартенев Г.М., Шут Н.И., Дущенко В.П., Сичкарь Т.Г. Релаксационные переходы в епоксидных полимерах. Высокомолекуляр. Соедин., 1986, т.28А, №3, с.627-633.
3. Shut N.I., Sichkar T.G., Bartenew G.M.. Relaxation spectrometry of highly cross-linked polymer with epoxy lacquer resin base Acta Polymerica, 1987, vol. 38, №8, с. 477-482
4. Шут М.И., Сичкарь Т.Г. Даниленко Г.Д., Пактер М.К. Влияние реакционноспособных олигомеров на структуру и теплофизические свойства эпоксидных полимеров Пластмассы, 1988, №12, С.31-33.
5. Малежик П.М., Січкарь Т.Г., Шут М.И. Анізотропія фізико-механічних властивостей епоксидних систем, сформованих в магнітному полі. Луцьк: «Волинь поліграф», 2014. – 148 с.

#### **Василенко С.Л., Сичкарь Т.Г., Тульженкова О.С., Ярошко А.Л. Теплофизические и релаксационные характеристики металлонаполненных эпоксидных полимеров**

**Аннотация.** На основе проведения исследований удельной теплоёмкости эпоксидных композиций наполненных высокодисперсными порошками меди, никеля и железа сделаны выводы про состояние взаимодействия между полимерной матрицей и поверхностью наполнителя.

**Ключевые слова:** эпоксидные полимеры; металлические наполнители; теплофизические свойства; релаксационные характеристики.

#### **Vasilenko S.L., Sichkar T.G., Tulzhankova A.S., Yaroshko A.L. THERMOPHYSICAL AND RELAXATION DESCRIPTIONS OF FILLING OF EPOXY POLYMERS.**

**Abstract.** On the basis of realization of research of specific heat capacity of epoxy compositions of gap filling by high dispersible powders of copper, nickel and iron drawn conclusion about the state of cooperation between a polymeric matrix and surface of filler.

**Key words:** epoxy polymers; metal fillers; thermal properties; relaxation characteristics.

**Динжос Р.В.**

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики  
Миколаївського національного університету  
імені В.О. Сухомлинського,  
Миколаїв, Україна,  
*dinzhos@mail.ru*

**Рангелов С.**

доктор хімічних наук, професор,  
завідувач лабораторії полімеризаційних процесів,  
Інститут полімерів БАН,  
Софія, Болгарія  
*rangelov@polymer.bas.bg*

**Косева Н.**

доктор хімічних наук, доцент,  
директор Інституту полімерів БАН,  
Софія, Болгарія  
*koseva@polymer.bas.bg*

## **ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕТИЛМЕТАКРИЛАТУ**

Відомо, що для більшості ПКМ, в області концентрацій до критичної, майже не відбувається збільшення теплопровідності ( $\lambda \approx \text{const}$ ), що є визначним при отриманні виробів теплоенергетичного комплексу [1]. Однак для удосконалення технології створення ПКМ з покращеними властивостями необхідно розуміння фізичних механізмів теплопереносу в даних системах.

У роботі [2] показано, що теплопровідність композиційних полімерних матеріалів, де в якості наповнювача використані графіт, сажа (технічний вуглець), вуглецеві волокна, значною мірою залежить від теплопровідних властивостей наповнювача та рівномірності розподілу наповнювача в середині полімерної матриці. У роботі [3] представлений детальний аналіз композиційних матеріалів, де у полімерній матриці, як наповнювачі, були використані керамічні або металеві частинки. Було показано, що теплопровідність композитів значно залежить від геометрії наповнювача. Робота [4] присвячена вивченню властивостей композиційних матеріалів на основі вуглецевих нанотрубок. Важливо також відзначити, що у зазначених роботах стрибкоподібне зростання теплопровідності при певному критичному вмісті провідного наповнювача відбувається менш ніж на порядок (для електропровідності величина стрибка складає декілька порядків). Це пов'язано з відсутністю прямого контакту частинок наповнювача, який є визначальним для механізму теплопереносу. Також нерозв'язною залишається проблема створення композиційних матеріалів з наперед заданими властивостями. Використання математичного моделювання дає можливість

вдосконалювати методи виготовлення композиційних матеріалів та регулювати їх властивості в широкому діапазоні.

Характерні результати експериментальних досліджень поведінки коефіцієнта теплопровідності полімерних композитів на основі поліметилметакрилату в залежності від масової частки наповнювачів (ВНТ, ДЧАІ, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та SiO<sub>2</sub>) представлені на рис. 1.

Перколяційна модель Кіркпатріка описує неупорядковані системи наповнених полімерних композитів з випадковою *геометричною* структурою [5]. В основу перколяційної моделі для наповнених полімерів були покладені наступні припущення: наповнювачі у полімерному композиті розподіляються таким чином, що приводять до зміни геометричної структури *полімеру*; нелінійна зміна *теплопровідності* полімерних *композитів* (різкий стрибок) *відбувається* при певній критичній концентрації наповнювача, яка називається порогом перколяції; поріг перколяції і *теплопровідність* композитів пов'язані з розміром і формою частинок; у композиті може утворюватися повністю неперервна фаза із частинок наповнювача (перколяційний кластер).

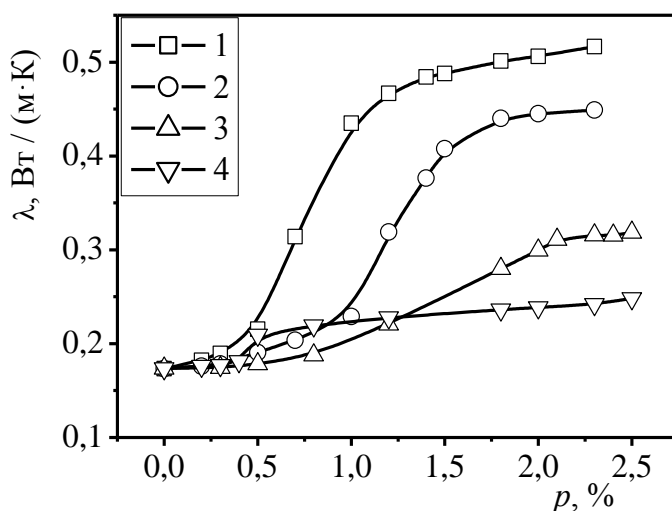


Рис. 1. Залежність коефіцієнта теплопровідності полімерних композиційних матеріалів на основі поліметилметакрилату від відсоткового вмісту наповнювача: 1– ВНТ; 2– ДЧАІ; 3– Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4– SiO<sub>2</sub>.

Згідно з теорією перколяції, яка розглядає випадковий розподіл теплопровідного компонента у непровідному середовищі, залежність коефіцієнта теплопровідності нанокompозиту ( $\lambda$ ) від вмісту наповнювача можна описати, використовуючи наступні рівняння [6]:

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_m (p - p_c)^k & \text{іде } p > p_c \\ \lambda_f (p_c - p)^{-q} & \text{іде } p < p_c \end{cases}, \quad (1)$$

де  $p$  – вміст теплопровідного наповнювача,  $p_c$  – критична концентрація частинок наповнювача (поріг перколяції),  $k$  і  $q$  – критичні індекси теплопровідності.

За допомогою теорії ефективного середовища, можна описати теплопровідність систем для всієї області концентрацій наповнювача, але вона не враховує імовірнісні ефекти, такі як, наприклад, утворення перколяційної мікроструктури. Перколяційні моделі з високою точністю описують зміну теплопровідності лише в околі перколяційного переходу.

У результаті проведеної роботи вивчено впливу наповнювача різної геометрії та розмірів на теплопровідність полімерних композиційних матеріалів. Показано, що стрибкоподібна зміна теплопровідності спостерігається в концентраційному діапазоні 0,4–1,2 % і пов'язана з явищем перколяції. Встановлено, що значення порогу перколяції для систем на основі поліметилметакрилату лежать в межах від 0,5 до 1,5 %. Проведений теоретичний аналіз механізмів теплопровідності систем на основі поліметилметакрилату. Аналіз теоретичних моделей показав, що модель МакЛахлана краще описує експериментальні дані, ніж модель Кіркпатріка, та за її допомогою можна з досить високою точністю спрогнозувати значення коефіцієнта теплопровідності для полімерних композитних матеріалів.

#### Література

1. Han, Z. Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: a review [Text] / Z. Han, A. Fina // Progress in Polymer Science. – 2011. – Vol. 36. – P. 914–944.
2. Pierson, H. O. Handbook of carbon, graphite, diamond and fullerenes: properties. Processing and applications [Text] / H. O. Pierson. – New Jersey: Noyes Publications, 1993. – 324 p.
3. Wypych, G. Handbook of fillers: physical properties of fillers and filled materials. [Text] / G. Wypych. – Toronto: ChemTec Publishing, 2000. – 294 p.
4. Fischer, J. E. Carbon nanotubes: structure and properties. Carbon nanomaterials. Chapter 4 [Text] / J. E. Fischer. – New York : Taylor and Francis Group, 2006. – P. 51–58.
5. Kirkpatrick, S. Percolation and conduction [Text] / S. Kirkpatrick // Reviews of Modern Physics. – 1973. – Vol. 45, № 4. – P. 574–588.
6. Stauffer, D. Introduction to percolation theory [Text] / D. Stauffer, A. Aharony. – London : Taylor and Francis, 1994. – 318 p.

#### **Динжос Р.В., Рангелов С., Косева Н. Особливості моделювання теплопровідності полімерних композитів на основі поліметилметакрилату**

**Анотація.** Представлені результати теоретико-експериментальних досліджень теплопровідності поліметилметакрилату та композитів, які містять аеросил, вуглецеві нанотрубки, оксид заліза та дисперсні частинки алюмінію. Встановлено, що у досліджуваних системах спостерігається перколяційний перехід. За допомогою моделей Кіркпатріка та МакЛахлана можна прогнозувати значення коефіцієнта теплопровідності для полімерних композитів.

**Ключові слова:** коефіцієнт теплопровідності, перколяційна поведінка, полімерні композити.

#### **Dinzhos R., Rangelov S., Koseva N. Modeling features of thermal conductivity polymer composites based polymethylmethacrylate**

**Abstract.** The results of theoretical and experimental studies of thermal conductivity composites and PMMA containing aerosil, carbon nanotubes, iron oxide and aluminum particles are dispersed. Found that the studied systems observed percolation transition. Using the Kirkpatrick model MacLachlan and can predict the value of thermal conductivity for polymer composites.

**Key words:** thermal conductivity, percolation behavior of polymer composites.



**Динжос Р.В.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики  
Миколаївського національного університету  
імені В.О. Сухомлинського,  
Миколаїв, Україна,  
*dinzhos@mail.ru*

**Фіалко Н.М.**  
член-кореспондент НАН України,  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач відділу малої енергетики,  
Інститут технічної теплофізики НАН України,  
Київ, Україна  
*nmfialko@ukr.net*

**Махровський В.М.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики  
Миколаївського національного університету  
імені В.О. Сухомлинського,  
Миколаїв, Україна,  
*vnmnik@gmail.com*

## **АНАЛІЗ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НАПОВНЕНИХ АЛЮМІНІЄМ**

Полімерні матеріали протягом тривалого часу використовувалися як теплоізолятори через їх низьку теплопровідність. Модифікуючи полімерну матрицю різними наповнювачами (за природою, геометрією, розмірами), можна отримувати матеріали з кардинально різними властивостями [1-3]. Підвищений інтерес до таких матеріалів пов'язаний з можливістю створювати нові композиційні полімерні матеріали з покращеними корозійними властивостями і відносно високою теплопровідністю. На сьогодні більшість виробів теплоенергетичного комплексу створюються на основі металів або їх сплавів. Основною вимогою, яка висувається до виробів, є висока теплопровідність. Альтернатива використання металів – використання полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), що містять частинки металів з високим коефіцієнтом теплопровідності (алюміній, мідь, оксиди металів тощо). Це дозволяє, при певних концентраціях наповнювача, отримувати матеріали з показниками теплопровідності, які співрозмірні з коефіцієнтами теплопровідності металів.

Додавання дрібнодисперсних металевих наповнювачів, які мають високу теплопровідність, до складу полімерного матеріалу істотно змінює його теплофізичні характеристики. При введенні невеликої кількості таких частинок теплопровідність матеріалу різко зростає, що приводить до переходу композитного полімерного матеріалу зі стану термоізолятора у стан провідника [4].

Така різка зміна теплофізичних властивостей матеріалу пояснюється за допомогою механізму перколяційної теплопровідності, згідно з яким при перевищенні деякої порогової концентрації частинки наповнювача контактують одна з одною, утворюючи у матеріалі теплопровідні канали [5]. Перколяційна модель описує неупорядковані системи наповнених полімерних композитів з випадковою геометричною структурою [6]. В основу перколяційної

моделі для наповнених полімерів були покладені наступні припущення: наповнювачі у полімерному композиті розподіляються таким чином, що це призводить до зміни геометричної структури полімеру; нелінійна зміна теплопровідності полімерних композитів (різкий стрибок) відбувається при певній критичній концентрації наповнювача, яка називається порогом перколяції; поріг перколяції і теплопровідність композитів пов'язані з розміром і формою частинок; у композиті може утворюватися повністю неперервна фаза із частинок наповнювача (перколяційний кластер).

Для більш точного опису експериментальних даних була запропонована комбінована перколяційна модель, яка передбачає, що частинки наповнювача двічі утворюють перколяційну сітку (спочатку на рівні частинок алюмінію, а потім на рівні їх агрегатів). Оскільки в системах термопластичний полімер-ДЧАІ спостерігається два перколяційних переходи, то графік залежності можна розділити на три області (рис. 1). Концентраційну залежність теплопровідності в області I (до першого порогу перколяції) можна описати за допомогою перколяційного рівняння (до порогу перколяції). Області II і III, у яких спостерігається утворення теплопровідних кластерів і немонотонне зростання теплопровідності, можна описати, використовуючи перколяційне рівняння (для кожної області).

Згідно з комбінованою перколяційною моделлю, загальна теплопровідність гетерогенної системи виражається наступною формулою:

$$\lambda_{ef} = \lambda_1 (p_{c1} - p)^{-q} + \lambda_2 (p - p_{c1})^{k_1} + \lambda_3 (p - p_{c2})^{k_2}, \quad (1)$$

де  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – константи,  $p$  – масова частка наповнювача,  $p_{c1}$  та  $p_{c2}$  – пороги перколяції,  $k_1$  та  $k_2$  – критичні індекси теплопровідності,  $q$  – критичний індекс.

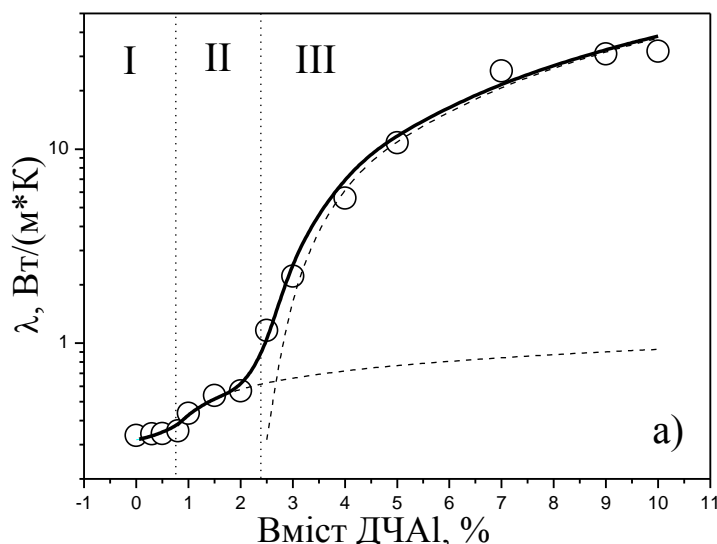


Рис. 1. Залежність коефіцієнта теплопровідності від вмісту наповнювача для ПКМ: а) ПЕ-ДЧАІ. Точки – експеримент. Суцільна лінія – комбінована перколяційна модель. Пунктирні лінії – вклади стандартної перколяційної моделі.

На рис. 1. наведені концентраційні залежності теплопровідності систем термопластичний полімер-ДЧАІ, промодельовані за допомогою комбінованої перколяційної моделі (рівн. (1)). З рисунка видно, що модель з високим ступенем точності описує

експериментальні дані. Отже, припущення про утворення подвійної перколяційної сітки вірне. Параметри рівн. (1) наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Значення порогів перколяції та критичних індексів, розрахованих згідно з рівнянням (1)

	$p_{c1}$ , %	$p_{c2}$ , %	$k_1$	$k_2$	$q$
ПЕ-ДЧА1	0,55	2,4	0,25	1,1	0,04

#### Література

1. Y. Agari, A. Ueda, S. Nagai J. Appl. Polym. Sci. **49**, 1625 (1993).
2. I. Krupa and I. Chodak Eur. Polym. J. **37**, 2159 (2001).
3. N.I. Lebovka, E.A. Lysenkov, A.I. Goncharuk, Yu.P. Gomza, V.V. Klepko, Yu.P. Boiko Journal of Composite Materials **45(24)**, 2555 (2011).
4. S. Zhang, X.Y. Cao, Y.M. Ma, Y.C. Ke, J.K. Zhang, F.S. Wang eXPRESS Polymer Letters **5**, 581 (2011).
5. D. Stauffer Introduction to percolation theory / D. Stauffer, A. Aharony. – London: Taylor and Francis, 1994. – 318 p.
6. R. Zallen Physics of Non-crystal Solid / R. Zallen. – Beijing: Peking University Press, 1988. – 232 p.

#### **Дінжос Р.В., Фіалко Н.М., Махровський В.М. Аналіз теплопровідності полімерних нанокompозитів наповнених алюмінієм**

**Анотація.** Представлені результати експериментальних досліджень та теоретичного аналізу теплопровідності композитів на основі термопластичних полімерів та частинок алюмінію. Виявлено, що досліджувані системи проявляють перколяційну поведінку. Запропоновано комбіновану перколяційну модель, яка з великою точністю описує концентраційну поведінку теплопровідності та враховує два перколяційні переходи.

**Ключові слова:** полімерний композит, перколяційна поведінка, теплопровідність, частинки алюмінію, термопластичні полімери

#### **Dinzhos R., Fialko N.M, Makhrovskiy V.N. Analysis of thermal conductivity of polymer nanocomposites filled with aluminum**

**Abstract.** The results of experimental studies and theoretical analysis of thermal conductivity of composites based on thermoplastic polymers and aluminum particles is observed. It is shown that the studied systems exhibit percolation behavior. A combined percolation model, which very accurately describes the concentration behavior of thermal conductivity and takes into account two percolation transitions is offered.

**Key words:** polymer composites, percolation behavior, thermal conductivity, aluminum particles, thermoplastic polymers.

**Думенко В.П.**  
кандидат технічних наук, старший викладач  
кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені М.Коцюбинського  
м. Вінниця, Україна  
*vk.dumenko@ukr.net*

## **СУЧАСНІ ЛАЗЕРНІ ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ МЕТОДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ В БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИНАХ**

Сьогодні актуальною проблемою в біомедичних дослідженнях є пошук сучасних методів для виявлення ракових клітин з метою їх руйнування на початкових стадіях. Важливе значення при цьому набуває використання низькоенергетичних лазерних технологій. Але фізичні процеси, що відбуваються в живій клітині під дією лазерного випромінювання, ще недостатньо вивчені та досліджені.

Сучасні методи діагностики злоякісних пухлин, засновані на ефекті низькоенергетичної індукованої флуоресценції, займають особливе місце.

Висока інформативність методів лазерної флуоресцентної діагностики живих пухлинних тканин обумовлена, головним чином, існуючим взаємозв'язком між особливостями їх спектральних характеристик і функціональним станом окремих клітинних структур, що входять до складу єдиної біологічної системи [3,4].

Найбільш відомим методом у цьому напрямку є діагностика раку за флуоресценцією екзогенних барвників – фотосенсибілізаторів, які після попереднього введення певним чином накопичуються у злоякісних пухлинах

Явище власної флуоресценції біологічних тканин проявляється у специфічному червоному світінні злоякісних пухлин при їхньому освітленні ультрафіолетовим випромінюванням. Але при використанні цього явища виникають труднощі, пов'язані з реєстрацією автофлуоресценції, що має низький квантовий вихід.

Специфічні особливості автофлуоресцентних властивостей ракових і нормальних тканин людини можна використовувати з метою онкологічної діагностики. За співвідношенням інтенсивності флуоресценції в синьо-зеленому діапазоні спектра, що характеризує в основному флуоресценцію молекул NADH, до інтенсивності флуоресценції в зелено-червоному діапазоні (флуоресценція властива ендogenous порфіринам) оцінюють діагностичну контрастність досліджуваних тканин, яка показує, у скільки разів інтенсивність флуоресценції досліджуваної тканини в зелено-червоному діапазоні вища, ніж у нормальної тканини, що й дає можливість ідентифікувати злоякісне новоутворення.

$$k = \frac{I_{\text{ф.п.}}}{I_{\text{ф.н}}} \quad (1)$$

Збудження спектрів на декількох (або багатьох) довжинах хвиль дає можливість впливати на поведінку багатьох хромофорів одночасно й тим самим більш надійно розрізняти здорову і патологічну тканину [2,5].

Спектри флуоресценції містять докладну інформацію про флуоресціюючі молекули, їх конформації, зв'язки і взаємодії в клітинах і тканинах. Інтенсивність флуоресценції можна вимірювати або як функцію довжини хвилі світла, що випромінюється, або як функцію довжини хвилі збудження. Спектр випромінювання флуоресценції  $I(\lambda)$  специфічний для кожного флуорофора і звичайно використовується у флуоресцентній діагностиці.

Використання лазерів в якості джерел випромінювання значно розширило можливості люмінесцентної діагностики. Це пов'язано з такими особливостями, як можливість використання широкого діапазону довжин хвиль та висока когерентність лазерного випромінювання [1].

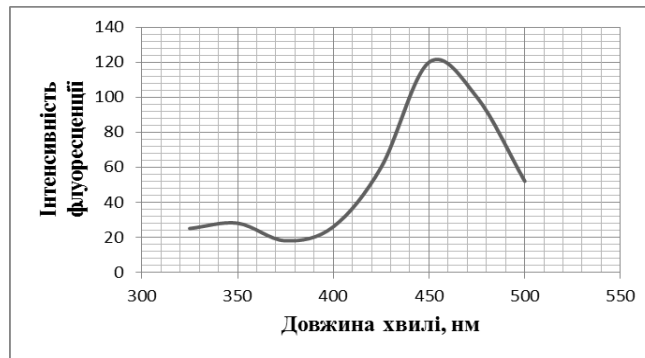


Рис.1. Спектр автофлуоресценції здорової шкіри на довжині хвилі збудження 275 нм.

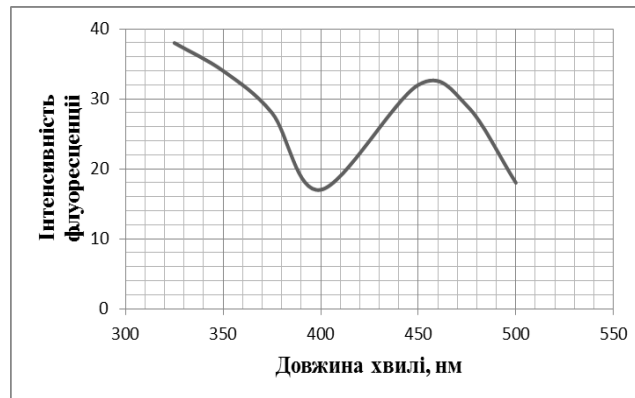


Рис.1. Спектр автофлуоресценції шкіри в області рани на довжині хвилі збудження 275 нм.

Для проведення досліджень лазер через зонд опромінює пухлину, а потім відбите від пухлини випромінювання ресструється. Випромінювання, яке відбивається від пухлини, відрізняється від світла, відбитого від нормальної тканини, люмінесцентними характеристиками через відмінності в ступені оксигенації.

Отже, використання сучасних лазерних низькоенергетичних технологій має важливе значення для застосування флуоресцентних методів в медичній діагностиці.

#### Література

1. Павлов С.В. Фізичні основи біомедичної оптики /С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, В.П. Думенко, П.Ф. Колісник. – Вінниця: ВНТУ, 2011.-152 с.
2. Ramanujam N., Mitchell M. F., Mahadevan M. S. et al. In vivo diagnosis of cervical intraepithelial neoplasia using 337-nm-excited laser — induced fluorescence // Proc. Natl.Acad. Sci. USA. 1994. V. 91. P. 10193–10197.
3. Соколов В. В., Филоненко Е. В., Телегина Л. В. Комбинация флуоресцентного изображения и локальной спектрофотометрии при флуоресцентной диагностике раннего рака гортани и бронхов/ В. В. Соколов, Е. В.Филоненко, Л. В.Телегина, Н. Н.Булгакова, В. В. Смирнов // Квантовая электроника 2002. Т. 32, № 11. С. 963–969.
4. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях/ В.В.Тучин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 352 с.
5. Yaroslavsky A.N., Salomatina E.V., Neel V., Anderson R. and Flotte T. Fluorescence polarization of tetracycline derivatives as a technique for mapping nonmelanoma skin cancers // J. Biomed. Opt. 2007. V. 12, № 1. P. 014005.

**Думенко В.П. Сучасні лазерні люмінесцентні методи для дослідження злоякісних новоутворень в біологічних тканинах**

**Анотація.** Проаналізовано фізичні аспекти застосування люмінесцентних методів для діагностики ракових клітин. Обґрунтовано переваги застосування лазерних джерел випромінювання для реалізації методу флуоресцентної діагностики.

**Ключові слова:** флуоресценція, лазерне випромінювання, біологічна тканина.

**Dumenko V.P. The Modern laser luminescent methods for research of malignant new formations in biological fabrics**

**Abstract.** The physical aspects of application of luminescent methods are analysed for diagnostics of cancer cages. Grounded advantages of application of laser actinogens for realization of method of fluorescent diagnostics.

**Key words:** fluorescence, laser radiation, biological fabric.

**Зазимко Н.М.**

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
кафедри загальної та прикладної фізики

**Малежик М.П.**

доктор фізико-математичних наук, професор  
кафедри комп'ютерної інженерії та освітніх вимірювань

**Малежик П.М.**

кандидат фізико-математичних наук, викладач  
кафедри комп'ютерної інженерії та освітніх вимірювань

Національний педагогічний університет імені Михайла Драгоманова  
Київ, Україна

*zazymko@bigmir.net*

## УТОЧНЕНІ СПІВВІДНОШЕННЯ ДЛЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В'ЯЗКОПРУЖНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДИНАМІЧНІЙ ФОТОПРУЖНОСТІ

Дослідження механічних напружень поляризаційно-оптичним методом при моделюванні механічної поведінки [1,2] пов'язане з розв'язком наступних методичних задач: вибором матеріалу моделі, подібного за своєю механічною поведінкою до матеріалу натурального тіла, визначенням напружень і деформацій в моделі; переходом до аналогічних механічних величин в натурі. Зазвичай, при визначенні напружень використовуються лінійні залежності порядку смуги  $m$  тільки від напружень через оптичний коефіцієнт напруження  $C_\delta$  або тільки від деформацій через оптичний коефіцієнт деформацій  $C_\varepsilon$ :

$$m = C_\delta(\delta_1 - \delta_2); \quad m = C_\varepsilon(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \quad (1)$$

Проте, у відоме рівняння Файлона-Джессопа одночасно входять і напруження, і деформації [4]:

$$m = C_\delta^*(\delta_1 - \delta_2) + C_\varepsilon^*(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \quad (2)$$

Якщо зв'язок між напруженнями і деформаціями відомий, то сталі коефіцієнти в (1) і (2) пов'язані між собою. Відзначимо, що при динамічному характері навантаження в'язкопружних матеріалів коефіцієнти  $C_\delta$  і  $C_\varepsilon$ , деякою мірою залежать від швидкості деформації. У роботі [3] Р. Мідлін при дослідженні поведінки п'єзооптичних властивостей лінійних в'язкопружних матеріалів використав чотирьохелементну модель деформованого тіла. Він показав, що для нестисливого матеріалу і при пропорціональній зміні навантаження сталі  $C_\delta$  і  $C_\varepsilon$  замінюються операторами, залежними від часу. При цьому напрямки поляризації, деформації і напруження збігаються між собою. Відзначимо, що в загальному випадку при динамічному навантаженні головні осі напружень можуть не збігатися з осями поляризації. Розбіжність осей може тривати відносно незначну частину повного часу спостереження для квазістатичних задач, тобто тільки протягом в'язкопружного перехідного періоду. Отже, для інженерних розрахунків можна вважати прийнятною гіпотезу про збіжність оптичних і механічних осей протягом всього часу деформування. Механічну поведінку пружного ізотропного однорідного тіла можна описати за допомогою двох незалежних констант, якими є модуль об'ємного стиску  $K$  і модуль зсуву  $G$ . Позначимо девіаторні компоненти напружень  $\delta_{ij}$  і деформацій  $\varepsilon_{ij}$  через  $\xi_{ij}$ , і  $e_{ij}$  відповідно, запишемо:

$$\xi_{ij} = 2Ge_{ij}; \quad \delta_{ij} = 3K\varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Для лінійно в'язкопружного тіла ізотермічні співвідношення напруження-деформація зручно трактувати через лінійні диференціальні оператори [4]

$$\left[ a_n \frac{\partial^n}{\partial t^n} + \dots + a_0 \right] \xi_{ij}(x_k, t) = \left[ b_m \frac{\partial^m}{\partial t^m} + \dots + b_0 \right] e_{ij}(x_k, t) \quad (4)$$

$$\left[ c_r \frac{\partial^r}{\partial t^r} + \dots + c_0 \right] \delta_{ij}(x_k, t) = \left[ d_s \frac{\partial^s}{\partial t^s} + \dots + d_0 \right] e_{ij}(x_k, t) \quad (5)$$

де  $a_n, b_m, c_r$  і  $d_s$  визначають експериментально.

Застосуємо перетворення Лапласа до рівнянь (4) і (5), і за нульових початкових умов отримаємо:

$$\xi_{ij}(x_k, p) = \frac{[b_m p^m + \dots + b_0]}{[a_n p^n + \dots + a_0]} e_{ij}(x_k, p) \equiv 2G(p) \bar{e}_{ij}(x_k, p); \quad (6)$$

$$\bar{\varepsilon}_{ij}(x_k, p) = \frac{[d_s p^s + \dots + d_0]}{[c_r p^r + \dots + c_0]} \varepsilon_{ij}(x_k, p) \equiv 3K(p) \varepsilon_{ij}(x_k, p) \quad (7)$$

З рівнянь (6) і (7) випливає, що в площині перетворення зв'язок між напруженнями і деформаціями має псевдопружний характер. Для характеристики матеріалу необхідно визначити оператори  $G_p$  і  $K_p$ . Якщо ці оператори відомі, то інші характеристики знаходяться із співвідношень:

$$E(p) = \frac{9G(p)K(p)}{3K(p) + 6G(p)} \quad (8)$$

$$\nu(p) = \frac{3K(p) - 2G(p)}{6K(p) + 2G(p)} \quad (9)$$

де  $E$  – модуль Юнга,  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона.

Розглянемо три основні аспекти апроксимації поведінки матеріалу:

- а) матеріал не стисливий в умовах об'ємної деформації і в'язкопружної поведінки при зсуві;
- б) коефіцієнт Пуассона сталий, але відмінний від 0,5, узгоджується з даними роботи [Мінділіна], де показано, що коефіцієнт Пуассона для епоксидного полімеру ЕД-16 МА при імпульсному навантаженні дорівнює 0,35;
- в) матеріал лінійний ізотропний і однорідний.

Для першого випадку:

$$\nu(p) = 0,5; \quad K(p) = \infty; \quad E(p) = 3G(p) \quad (10)$$

У другому випадку:

$$\nu(p) = \nu_0; \quad K(p) = \frac{2G(p)(1 + \nu_0)}{3(1 - 2\nu_0)}; \quad E(p) = 2(1 + \nu_0)G(p) \quad (11)$$

У третьому випадку:

$$K(p) = \frac{2G(p)[1 + \nu(p)]}{3[1 - 2\nu(p)]}; \quad E(p) = 2[1 + \nu(p)]G(p) \quad (12)$$

Обернене перетворення Лапласа для (12) пов'язане зі значними математичними труднощами. Перший випадок детально розглянуто Вільямсом в роботі [6], тому зупинимося на другому випадку. У головних напруженнях і деформаціях рівняння (4) матиме вигляд:

$$\frac{\bar{\delta}_1(p) - \bar{\delta}_2(p)}{2} = G(p)[\bar{\varepsilon}_1(p) - \bar{\varepsilon}_2(p)] \quad (13)$$

Для осевого розтягу прийемо:  $\delta_1 = \delta$ ;  $\delta_2 = 0$ ;  $\varepsilon_1 = \varepsilon$ ;  $\varepsilon_2 = -\nu_0 \varepsilon$ . Тоді (13) запишемо:

$$\bar{\delta}(p) = 2G(p)\bar{\varepsilon}(p) - (1 + \nu_0)\bar{\varepsilon}(p) = E(p)\bar{\varepsilon}(p) \quad (14)$$

де  $E(p) = 2(1 + \nu_0)G(p)$ .

Аналогічно (4) і (5) зв'язок між оптичними і механічними величинами можна записати за допомогою лінійних диференціальних операторів, замінюючи сталі коефіцієнти  $C_\delta$  і  $C_\varepsilon$  відповідними операторами:

$$\delta_1 - \delta_2 = C_\delta^{-1}[m] \quad (15)$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = C_\varepsilon^{-1}[m] \quad (16)$$

Розглянемо співвідношення (18), що пов'язує відносну оптичну різницю ходу з різницею головних деформацій для різних випадків навантаження. У дослідах на релаксацію, знаючи змінну в часі картинку інтервенційних смуг, обчислимо різницю головних напружень, користуючись при цьому суперпозиційним інтегралом. Відповідно рівняння для різниці головних деформацій матиме вигляд:

$$\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t) = m(0)C_\varepsilon^{-1}(t) + \int_0^t C_\varepsilon^{-1}(t-\tau) \frac{\partial m(\tau)}{\partial \tau} \partial \tau \quad (17)$$

Отже, для знаходження різниці головних напружень і деформацій необхідно знати  $C_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(t)$  і  $C_\varepsilon^{-1}(t)$ . Використаємо отримані в роботі [5] співвідношення і знайдемо зв'язок між  $C_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(t)$  і  $C_\varepsilon^{-1}(t)$ ,  $\bar{C}_{\varepsilon_{pe\Lambda}}(p)$ :

$$\bar{C}_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(p) = \frac{2G_{pe\Lambda}(p)}{p \bar{C}_{\varepsilon_{pe\Lambda}}(p)} \quad (18)$$

$$\bar{C}_{\varepsilon_{noB}}^{-1}(p) = \frac{1}{p^2 \bar{C}_{\varepsilon_{pe\Lambda}}(p)} \quad (19)$$

Застосуємо до цих співвідношень обернене перетворення Лапласа і знайдемо  $C_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(t)$  і  $C_\varepsilon^{-1}(t)$ . У задачах динамічного аналізу напруженого стану, коли необхідно знати характеристики при дуже малих значеннях часу ( $10^{-5} - 10^{-3}$  с), застосовується принцип температурно-часової аналогії. Згідно з цим принципом вид залежності механічного параметру  $P$  – логарифм часу  $\lg t$  не змінюється при зміні температури, тільки відбувається зміщення кривої вздовж осі  $\lg t$  на величину  $a_T$ , яка визначає, у скільки разів зменшується швидкість релаксаційного процесу при температурі  $T$ , відповідно до швидкості його при деякій температурі приведення  $T_0$ .

Відповідно до [5], співвідношення для коефіцієнта  $a_T$  має вигляд:

$$\lg a_T(T) = -\frac{K_1(T/T_0)}{K_2 + (T - T_0)} \quad (20)$$

Таким чином, використання співвідношення (20), а також результати досліджень при різних температурах і швидкостях деформації дають можливість побудувати повний динамічний спектр. Визначивши в досліді на релаксацію при низьких температурах  $G_{\varepsilon_{pe\Lambda}}^{-1}(t)$  і використовуючи температурно-часову аналогію та формули (18) та (19), знайдемо  $\bar{C}_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(p)$  та  $\bar{C}_{\varepsilon_{noB}}^{-1}(p)$  при малих проміжках часу дії навантаження. За допомогою оберненого перетворення Лапласа знаходимо  $C_{\delta_{pe\Lambda}}^{-1}(t)$  і  $C_\varepsilon^{-1}(t)$  і за формулою (17) і (16) знаходимо напруження і деформації в досліджуваній моделі.

### Література

1. Метод фотоупругости /Под ред. Г.Л. Хесина. –М.: Стройиздат. –1975. Т.2. –312 с.
2. Малежик М.П. Динамічна фотопружність анізотропних тіл. – К.: ІГФ НАН України ім. Субботіна, 2001. – 200 с.
3. Mindlin R. D. A mathematical theory of photoviscoelasticity. – “J. Appl. Phys”.- 1949 (20), P. 206-216.
4. Filon L.N., Gessop N.T. On the stress-optical effect in transparent solids strained beyond the elastic limit. – “Phil. Trans.” – Royal Soc. of Lond., ser. A, 1922. – vol. 223. – P. 55-62.
5. Pead W. T. Stress analysis for compressible viscoelastic materials. – “J. Appl. Phys”.- 1950 (21), P. 671-674.
6. Williams M. L., Arenz R. J. The engineering analysis of linear photoviscoelastic materials. – “Exp. Mech”. – 1964. – vol. 4. – P. 249-262.

**Zazymko N.M., Malezhik M.P., Malezhik P.M. Refined ratio for opto-mechanical characteristics of composite materials in dynamic photoelasticity**

**Abstract.** In this article we proposed fundamental dependences of polarization-optical method for study of creep processes in genetically aging materials. Using them generally to decrypt fringe patterns, it is necessary to have simple optical creep curves and curves of either mechanical creep or optical relaxation. In the case of materials with constant Poisson's ratio, it is sufficient to have curves of either mechanical creep or optical creep.

**Key words:** polarization- optical method, optical creep, mechanical relaxation



**Калінчак В.В.**

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри теплофізики  
*vakaaka@yandex.ua*

**Черненко О.С.**

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теплофізики  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова  
Одеса, Україна  
*chernalex@ukr.net*

## ЗАПАЛЮВАННЯ ТА САМОПІДТРИМУЮЧЕ ГОРІННЯ ГАЗОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ З ДОМІШКАМИ ГОРЮЧОГО ГАЗУ НА ПЛАТИНОВОЇ НИТЦІ

В основі роботи термохімічних газоаналізаторів малих домішок горючих газів в газоповітряній суміші лежить використання лінійних залежностей температури нитки (частинки) каталізатору від концентрації домішки, квадрату сили нагрівачого струму і температури газоповітряної суміші в режимі стаціонарного стійкого горіння. Нами доведено [1], що це можливо при малості тепловтрат випромінюванням, першому порядку каталітичної реакції по горючому газу і її протікання в дифузійному режимі. В роботі [2] експериментально показано, що каталітичне горіння газоповітряної суміші з домішкою водню чи аміаку на тонкому платиновому дротику стає самопідтримуючимся в стійкому стаціонарному режимі після вимкнення електричного струму через дротик, чи зниженні температури газоповітряної суміші до будь якої низької температури, якщо концентрація домішки горючого газу вище деякого критичного значення концентрації згасання при заданій температурі холодної газоповітряної суміші [3].

В представлений роботі теоретично розглядаються процеси самоорганізації стійкого стаціонарного горіння холодних газоповітряних сумішей з домішками горючого газу (водень) ( $H_2 + 0.5O_2 \xrightarrow{Pt} H_2O$ ) на платиновій нитці (частинці). Вивчається вплив термодифузійного відношення, відношення коефіцієнту дифузії до коефіцієнту термодифузії, відношення константи швидкості реакції до коефіцієнту масообміну на температуру горіння і критичні значення початкової температури нитки(частинки) в залежності від концентрації домішки горючого газу і температури газоповітряної суміші. Проводиться аналіз залежностей температури самопідтримуючого горіння від концентрації домішки горючого газу і газоповітряної суміші. Вивчається вплив діаметру частинки(нитки) каталізатору на критичну концентрацію домішки згасання, вище якої може бути реалізовано самопідтримуюче безполум'яне горіння холодних газоповітряних сумішей.

Для цього проведемо аналіз стаціонарних рішень рівняння термодинаміки нитки (частинки), як відкритої системи, використовуючи аналогії з рівнянням динаміки руху частинки і аналогію Льюїса між тепло і масо переносом, у вигляді:

$$c_c \rho_c \frac{V_c}{S_c} \frac{\partial T}{\partial \tau} = q_{eff}, \quad T(0) = T_b, \quad (1)$$

$$q_{eff} = q_{ch} - q_h, \quad q_{ch} = Q_a k \rho_{g,s} \frac{Y_a (1 + \psi_T)}{1 + Se}, \quad q_h = c_{p,g} \rho_g \beta Le^{-1+m} (T - T_g), \quad (2)$$

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad \beta = \frac{Sh \cdot D}{d}, \quad Se = \frac{k \cdot \rho_{gs}}{\beta \cdot \rho_g}, \quad B_{T_*} = \frac{\psi_T}{1 + \psi_T} \frac{T_*}{T}, \quad \psi_T = (2 - n) \frac{T - T_g}{T} Le^m,$$

де  $T_g$  – температура газоповітряної суміші К;  $Y_a$  – масова частка домішки горючого газу;  $T$  – температура нитки, К;  $q_{ch}$ ,  $q_h$  – відповідно швидкість тепловиділення та тепловідводу  $Вт/м^2$ ;  $E$  – енергія активації, Дж/моль;  $R$  – універсальна газова стала, Дж/(моль·К);  $Se$  – дифузійно-кінетичне відношення;  $\psi_T$ ,  $B_{T^*}$  – поправки на термодифузію;  $Q_a$  – тепловий ефект реакції, Дж/кгга;  $V_C / S_c$  – відношення об'єму каталізатору до площі поверхні  $m$ .

На рис. 1 приведені стаціонарні залежності  $Y_a(T)$  та  $T_g(T)$ , які знаходяться з рівняння

$$Q_a \rho_{gs} Y_a \frac{1 + \psi_T}{1 + Se} k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) = c_{p,g} \rho_g \frac{Sh \cdot D}{d} Le^{-1+m} (T - T_g) \quad (3)$$

з врахуванням та без врахування термодифузійного переносу водню до платинової нитки.

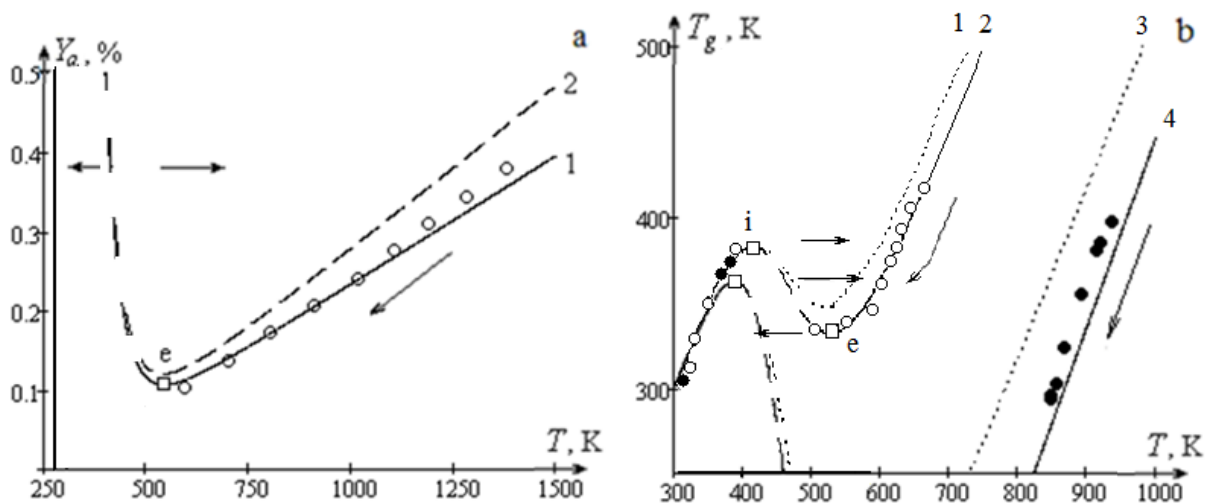


Рис 1а Залежність концентрації водню в холодній газоповітряній суміші ( $T_g = 293$  К) від стаціонарної температури платинової нитки.  $\circ$  – експеримент.

Рис 1б Залежність температури газоповітряної суміші з домішками водню від стаціонарної температури платинової нитки,  $Y_a = 0.09\%$  (криві 1, 2),  $Y_a = 0.19\%$  (

З рис1 видно,що для виходу на режим каталітичного горіння необхідно збільшити початкову температуру платинової нитки вище температури запалювання – певного критичного значення, що лежить між температурою самоспалахування (точка  $i$ ) та згасання (точка  $e$ ). Критичні значення початкової температури нитки каталізатору (температури запалювання) лежать в межах  $T_i < T_{i^*} < T_e$ . Залежності  $Y_a(T_{i^*})$ ,  $T_g(T_{i^*})$ (рис. 1а,б). задовольняють рівнянню (3). Звертаємо увагу на те, що збільшення концентрації горючого газу в декілька разів практично не впливає на критичне значення початкової температури (рис. 1а). Це пояснюється тим, що запалювання протікає в основному в кінетичному режимі каталітичної реакції, згідно якому критична температура запалювання є слабкою функцією концентрації домішки горючого газу. З рис(рис. 1б) бачимо,що температура горіння практично лінійно збільшується з ростом концентрації нитки і температури газоповітряної суміші.

Критичні концентрації  $Y_a|_{i,e}$  і температури газоповітряної суміші  $T_g|_{i,e}$  неважко отримати з (3) і умови екстремумів на залежностях  $T_g(T)$  (при постійних  $d$ ,  $Y_a$ ,  $Sh$ ) та  $Y_a(T)$  (при постійних  $d$ ,  $T_g$ ,  $Sh$ )[4] і представити у параметричному вигляді

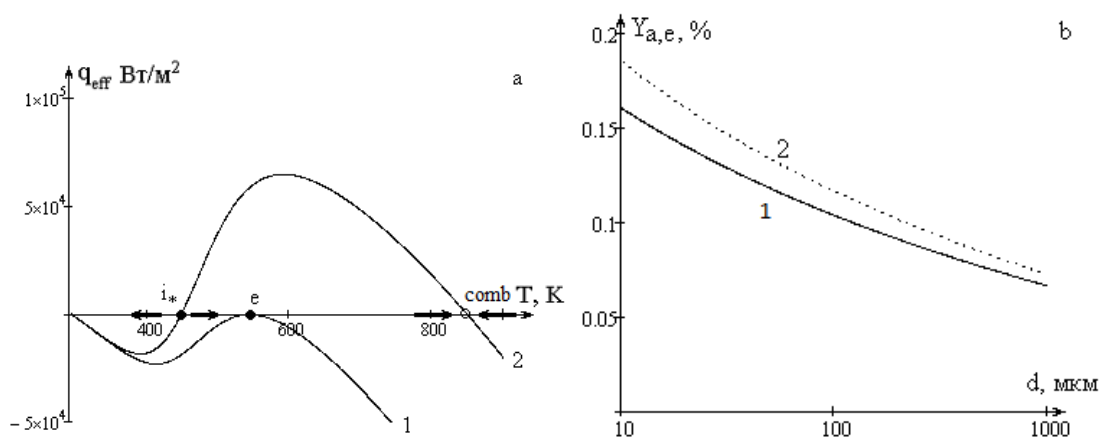
$$\begin{cases} Y_{a,i,e} = \frac{c_{p,g} RT^2}{Q_a Le^{1-m} E} \frac{Sh \cdot D \cdot \rho_g}{d \cdot k_0 \cdot \rho_{gs}} \exp\left(\frac{E}{RT}\right) \cdot (1 + Se)^2 \frac{(1 - B_{T^*})}{(1 + \psi_T)}, & (4a) \\ T_g|_{i,e} = T - \frac{RT^2}{E} (1 + Se)(1 - B_{T^*}), & (4b) \end{cases}$$

Аналіз (4a) – (4b) показує, що для  $Se > 1$  можливо тільки один розв'язок, який відповідає критичним значенням температури згасання і концентрації домішки горючого газу згасання  $Y_{a,e}$  при заданій температурі газоповітряної суміші, наприклад,  $T_g = 293\text{K}$ . Для знаходження  $Y_{a,e}$  з (4b) виразимо дифузійно-кінетичне відношення та діаметр нитки(частинки):

$$Se_e = \frac{(T - T_g)E}{RT^2(1 - B_{T^*})} - 1, \quad (5) \quad d_e = \frac{D_g Sh \rho_g}{k \rho_{gs}} \left( \frac{(T - T_g)E}{RT^2(1 - B_{T^*})} - 1 \right). \quad (6)$$

Підставляючи (5) в вираз (4a), маємо рівняння для  $Y_{a,e}(T)$

$$Y_{a,e} = \frac{c_{p,g} RT^2}{Q_a Le^{1-m} E} \frac{\left( \frac{(T - T_g)E}{RT^2} \right)^2}{\frac{(T - T_g)E}{RT^2} - (1 - B_{T^*})} \frac{1}{(1 + \psi_T)}, \quad (7)$$



**Рис. 2a.** Температурна залежність ефективної швидкості тепловиділення  $q_{eff}(T)$  1)  $Y_{a,e} = 0.108\%$ , 2)  $Y_a = 0.19\%$ .  $\circ$  – дані [2] для платинової нитки  $d = 0.1$  мм, що знаходиться в газоповітряній суміші кімнатної температури ( $T_g = 293$ ).  $T_{i^*} = 448\text{K}$ ,  $T_e = 545\text{K}$ ,  $T_{comb} = 850\text{K}$ .

**Рис. 2b.** Залежність концентрації домішки згасання  $Y_{a,e}$  від діаметру платинової нитки при кімнатній температурі газоповітряної суміші. Суцільна крива 1 – враховується термодифузійний перенос водню; дискретна крива 2 – не враховується термодифузійний перенос водню до нагрітої платинової нитки. Розрахунок по (6), (7).

Рівняння(7)разом з(6)  $d_e(T)$  входить в систему параметричних рівнянь, рішення якої представлено на(рис. 2b). Для ілюстрації організації самопідтримуючого горіння газоповітряної суміші з домішкою водню проведемо аналіз  $q_{eff}(T, Y_a)$  (рис. 2a). Бачимо, що для стійкого самопідтримуючого каталітичного горіння холодній газоповітряної суміші необхідно, щоб початкова температура каталізатора  $T(0) = T_b$  була більше критичної початкової температури запалювання  $T_{i^*}$  (т.  $i_*$  (рис. 2a) при концентрації домішки  $Y_a$ , які повинні відповідати умові порушення стійкості стаціонарності ( $q_{eff} = 0$ ,  $\partial q_{eff} / \partial T > 0$ ).

Самопідтримуюче горіння холодній газоповітряної суміші відбувається при концентрації домішки  $Y_a > Y_{a,e}$ , яка характеризується температурою горіння  $T_{comb}$  (рис. 2а, точка comb), яка задовольняє умові стійкості стаціонарних станів ( $q_{eff} = 0$ ,  $\partial q_{eff} / \partial T < 0$ ). Концентрація домішки  $Y_a$  і температура стійкого горіння  $T_{comb}$  повинна бути завжди більше відповідних значень концентрації і температури згасання  $Y_{a,e}$  та  $T_e$ , які відповідають умові згасання ( $q_{eff} = 0$ ,  $\partial q_{eff} / \partial T = 0$ ,  $\partial^2 q_{eff} / \partial T^2 < 0$ ) (точка e, рис. 2а).

Проведемо аналіз залежності  $Y_{a,e}(d)$  при критерії Шервуда  $Sh = 0.51$  (рис. 2б). Видно, що досить значне збільшення діаметру платинової нитки приводить до зменшення  $Y_{a,e}$  і, як наслідок, граничної температури каталітичного горіння  $T_e$ . Термодифузія додатково зменшує  $Y_{a,e}$  на 10-15%. Так, для платинової нитки  $d = 0.1$  мм маємо значення  $Y_{a,e} = 0.104\%$ , що відповідає об'ємній частці водню 1.51%. Це значення узгоджується з експериментальним діапазоном об'ємної частки водню 0.95-1.95%, в якій відбувається самопідтримуюче каталітичне горіння при вимкненому струмі [2].

Треба відмітити, що критична сила струму запалювання (джоулеве тепловиділення), температура запалювання газоповітряної суміші і критичне значення початкової температури нитки практично не змінюються зі зростанням концентрації домішки горючого газу. Використана аналогія Льюїса між переносом тепла і маси більш точно дозволяє знайти критичні початкові температури нитки(частинки), концентрації запалювання і згасання та пояснити експериментальні залежності температури безполум'яного горіння (відповідної температури платинової нитки) від концентрації домішки водню в холодній газоповітряної суміші.

### Література

1. Kalugin V.V., Kalinchak V.V and Chernenko A.S. High-temperature ammonia oxidation over a platinum catalyst under conditions of the parallel formation of nitrogen-containing products // Kinetics and Catalysis. – 2015. – Vol. 56, №3. – pp. 335–342.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
3. Kalinchak V.V., Chernenko A.S. and Kalugin V.V. Effect of the Concentration of a Combustible Gas on the Limiting Critical Conditions of Its Catalytic Oxidation // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, Issue 3. – pp. 737-742.
4. В.В. Калінчак, О.С. Черненко, О.Н Софронков, А.В. Федоренко Вплив термодифузії на границі гістерезису каталітичного горіння домішок водню на платиновому дротику // Фізика і хімія твердого тіла. – 2017. – Т.18, № 1. – С. 52-57.

### **Калінчак В.В., Черненко О.С. Запалювання та самопідтримуюче каталітичне горіння домішок горючих газів на платиновому дроті**

У роботі представлені результати комплексних досліджень механізмів гістерезису тепломасообміну та каталітичного безполум'яного стаціонарного стійкого горіння газоповітряних сумішей з домішками водню на платинових дротиках. Отримана залежність частки водню в повітрі від діаметру платинового дроту, при яких можливе самопідтримуюче каталітичне горіння в повітрі кімнатної температури.

**Ключові слова:** металеві каталізатори окислення, нитка, водень, гістерезис тепломасообміну, самозаймання, погасання, поверхневе (безполум'яне) горіння.

### **Kalinchak V.V., Chernenko A.S. Ignition and self supporting catalytic burning of combustible gases - admixtures on platinum's wire**

A complex investigation of the hysteresis mechanisms of heat and mass exchange and catalytic flameless combustion of hydrogen-air mixtures on platinum's wires.

The dependence of the mass fraction hydrogen in the air on the diameter of on platinum's wires is obtained, when under self-sustaining catalytic combustion

**Key words:** metal oxidation catalysts, wire, hydrogen, hysteresis heat and mass exchange, self-ignition, extinction, shallow (flameless) burning.

**Касіяненко В.Х.**  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри загальної фізики,  
**Бурдейний В.М.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
професор кафедри загальної фізики,  
**Мельник М.Д.**  
старший викладач кафедри загальної фізики,  
**Недибалюк А.Ф.**  
старший викладач кафедри фізики і  
методики навчання фізики, астрономії  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського,  
м.Вінниця, Україна  
*e-mail: afnedibalyuk@gmail.com*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК $I=f(V)$ НАНО- БІОЕОРГАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІРУСУ ТЮТЮНОВОЇ МОЗАЇКИ ТА НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА

Інтенсифікація розвитку досліджень і впровадження у технологічних використаннях на даний час вийшла за межі використання мікротехнологій. Тому ведеться пошук нових методів створення нанoeлектронних пристроїв, які вигідно відрізнялись за мініатюрністю, споживаною енергією, швидкодією, в порівнянні з традиційними напівпровідниковими транзисторами та інтегральними мікросхемами на їх основі.

Вважаємо надважливим завданням є дослідження електронних властивостей отриманих нами нанодротів вірусу тютюнової мозаїки та наночастинок золота (BTM-Au), що дозволило встановити виникнення спонтанних і індукованих переходів в стан з відносно високою електропровідністю.

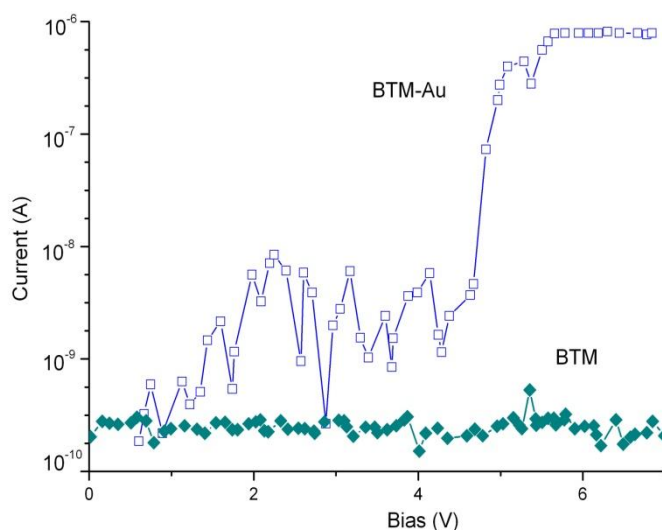


Рис. 1. Залежність I-V для нанодроту BTM-Au та чистого вірусу BTM

Вольт-амперні характеристики нанодротів BTM-Au показують різке зміщення при прикладанні напруги 4,3В та наступну стабілізацію у новому значенні (рис. 1). До досягнення напруги 4,3В струм зростає поступово. При зменшенні напруги до -2.4 В система повертається до початкового стану (рис. 2).

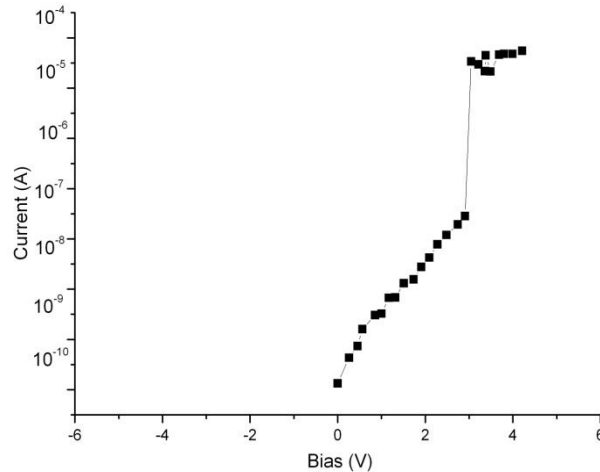


Рис. 2. Вольт-амперні характеристики нанодотів BTM-Au

Спостережуване «перемикання провідності» в подальшому може бути використане для створення цифрових записуючих пристроїв з високою щільністю запису інформації. Принцип дії такого пристрою буде базуватися на передачі заряду від оболонки віруса до наночастинки при ввімкненні зовнішнього електричного поля. Кожна така гібридна одиниця BTM-Au може працювати як енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій, при цьому її провідність може перемикатися між високим та низьким рівнем, що відповідає логічним «нулю» та «одиниці». Однак необхідно провести підбір шару, який буде стабілізувати захоплений заряд, що дозволить зберігати інформацію.

#### Література

1. Касіяненко В.Х. Фізико-хімічні властивості нанодотів на основі вірусів та наночастинок металів. Звіт про науково-дослідну роботу. – 2017. – С. 47.

**Касіяненко В.Х., Бурдейний В.М., Мельник М.Д., Недибалюк А.Ф. Дослідження вольт-амперних характеристик  $I=f(V)$  нано-біонеорганічних конструкцій вірусу тютюнової мозаїки та наночастинок золота.**

**Анотація.** Нинішній рівень розвитку нанотехнологій дає можливість створювати пристрої що запам'ятовують і передають 1Біт інформації за допомогою 1 електрона. Однією з найперспективніших можливостей є використання біонеорганічних структур на основі рослинних вірусів та наночастинок металів, зокрема золота і срібла. Реалізація такої можливості дозволяє створювати функціональні мікроприлади розмірів порядку  $\sim$  нм, а робочі частоти підвищити до  $10^{13}$  Гц, тобто вирішує проблему мініатюризації та швидкодії наноб'єктів.

**Ключові слова:** нанотехнології, нанодріт, вірус тютюнової мозаїки, вольт-амперна характеристика, спонтанні і індуковані переходи.

**Kasiyanenko V.H., Burdeynyy V.M., Miller M.D., Nedybalyuk A.F. Investigation of current-voltage characteristics  $I = f(V)$  of nano-bioinorganic structures of tobacco mosaic virus and gold nanoparticles.**

**Abstract.** Demands of intensification and its implementation in technological applying, recently ultra passed micro technology's possibilities. That is why new methods of nano electronic devices elaboration are really demanded. These devices by their nano dimensions, energetic efficiency and functional speeds can turn out more preferable, than traditional semiconductor transistors and integral circuits.

**Key words:** I-V characteristics, spontaneous transitions, inducted transitions.

**Копійка О.К.**

кандидат фізико – математичних наук, доцент  
професор кафедри загальної та хімічної фізики,  
*kopiuka@onu.edu.ua*

**Олифиренко Ю.О.**

аспірант кафедри загальної та хімічної фізики  
*olifjulie@mail.ru*

**Калінчак В.В.**

доктор фізико – математичних наук, професор  
завідувач кафедрою теплофізики  
*vakaaka@yandex.ua*

**Дараків Д.С.**

кандидат фізико – математичних наук  
старший викладач кафедри загальної та хімічної фізики,  
Одеський національний університет імені І.І.Мечникова  
Одеса, Україна  
*darakov@onu.edu.ua*

## ВИПАРОВУВАННЯ КРАПЕЛЬ БІНАРНОЇ СУМІШІ БІОПАЛИВ

Як відомо, одним із загальновизнаних способів зменшення негативного впливу антропогенного фактора на навколишнє середовище є поступова заміна викопних палив на їх відновлювальні аналоги [1]. В якості останнього, у сегменті моторних палив, традиційно використовується (Е) – етанол ( $C_2H_5OH$ ) [2]. Разом з тим, з появою і вдосконаленням нових ефективних технологій синтезу відновлюваних палив на основі біосировини, все більшого поширення набувають і інші гомологи ряду одноатомних насичених спиртів, таких наприклад, як (В) – бутанол ( $C_4H_9OH$ ) та його ізомери [3], які мають низку переваг перед (Е). Але, як і у випадку з використанням (Е), однією з основних проблем при намаганні збільшити частку біопалив у суміші з моторними паливами, залишається наявність суттєвої відмінності теплофізичних властивостей біопаливних домішок і мінеральних палив, що не може не впливати на характерний час випаровування крапель, утворення, спалахування і горіння модифікованої паливно – повітряної суміші в камері згоряння. Враховуючи те, що ефективність згоряння палива в камері двигуна, багато в чому залежить від того, як на початковому етапі відбувається випаровування, в тому числі і відносно великих його крапель, дослідження випаровування крапель біопалив і їх бінарної паливної суміші, безумовно є актуальними.

Теоретичні дослідження процесу випаровування крапель суміші рідких палив у нагрітому повітряному середовищі проводилися із використанням дискретно – компонентного уявлення [4], відповідно до якого укладалась система рівнянь масо – теплообміну краплі палива:

$$\dot{m}_i = \pi d \cdot Sh \cdot \rho_g \cdot \varepsilon_i D_i \ln(1 + B_{M,i}); \quad (1)$$

$$\rho_l c_l \frac{dT_l}{dt} = \alpha (T_\infty - T_l) \frac{S_l}{V_l} - \frac{1}{V_l} \sum_i \dot{m}_i L_i \quad (2)$$

індекси  $i$  відносяться до  $i$ -тої компоненти суміші,  $g$ ,  $l$  – до газової і рідкої фази відповідно;  $\dot{m}_i$  – потік пари;  $d$  – поточний діаметр краплі;  $D_i$  – коефіцієнт дифузії пари палива у повітрі;  $\rho_g$  – густина повітря;  $L_i$  – питома теплота випаровування;  $\varepsilon_i$  – частка компоненти в масовому потоці;  $B_{M,i}$  – число Сполдінга для масопереносу.

У рамках даної моделі були отримані, розрахункові залежності квадрату поточного діаметра краплі  $d^2(t)$  бінарної суміші біопалив з масовою часткою (Е) – 60% від часу, віднесені до квадрату початкового діаметра краплі  $d_0^2$ , в інтервалі температури повітряного

середовища 440 – 675 К (рис.1.а), а також залежності температури краплі  $T_l$  від часу (рис.1.б).

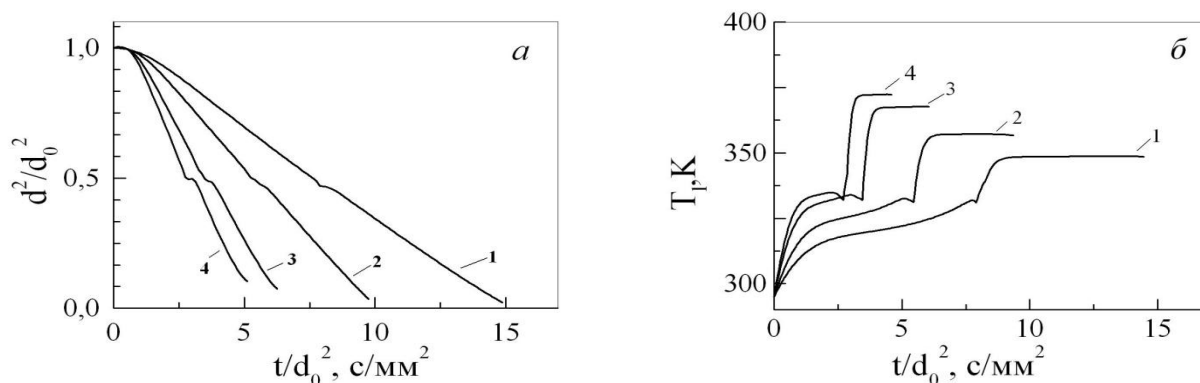


Рис.1. Кінетика випаровування краплі бінарної суміші біопалив Е 60% + В 40%  
(1) – 440К, (2) – 500К, (3) – 605К, (4) – 675К.

Аналіз представлених на рис.1а даних показав, що кінетика випаровування краплі бінарної суміші в основному відповідає закону Срезневського, за виключенням недовготривалих нелінійних ділянок залежності  $d^2(t)$ , які спостерігалися для всього розглянутого інтервалу температур, і ця не лінійність була виражена тим сильніше, чим вище ставала температура середовища. Причина такої поведінки залежності  $d^2(t)$  стає зрозумілою із співставлення її з результатами моделювання динаміки зміни температури цієї ж краплі під час випаровування рис.1.б. Наявність нелінійної ділянки  $d^2(t)$  при  $t/d_0^2 < 2 \text{ с/мм}^2$  можна пояснити нагріванням краплі, і як наслідок, її тепловим розширенням на початку випаровування. Моменту появи іншої нелінійної ділянки  $d^2(t)$ , при подальшому випаровуванні краплі, відповідає момент різкого зростання температури краплі. Все це дозволяє припустити існування стадійного механізму випаровування краплі бінарної суміші досліджуваних біопалив, відповідно до якого, під час початкової стадії швидкість випаровування більш летючої компоненти – (Е) суттєво перевищує швидкість випаровування (В) – менш летючої компоненти бінарної суміші. І так буде продовжуватися до тих пір, поки перша компонента (Е) паливної суміші не випариться майже повністю при температурі що є близькою до її температури кипіння  $T_b^E = 351\text{К}$ . Під час наступної стадії крапля буде випаровуватися вже як однокомпонентна, проходячи при цьому послідовно всі стадії, включно зі стадією швидкого прогріву до температур близьких до температури  $T_b^B = 390\text{К}$ , та поступового випаровування за лінійним законом.

Для перевірки відповідності отриманих результатів реальному перебігу подій були проведені експериментальні дослідження кінетики випаровування крапель однокомпонентних біопалив (Е) і (В), а також бінарної суміші Е60%+В40% у нагрітому повітряному середовищі в діапазоні температур  $350 \div 700\text{К}$  і атмосферному тиску. Дослідження проводилися за методом підвішеної краплі, – крапля палива поміщалась на рухомий П-подібний підвіс з металевого дроту з діаметром спая 600 мкм. Після чого за час  $\sim 0,2 \text{ с}$  потрапляла у нагріте повітряне середовище. Поточний розмір краплі досліджуваного палива визначався за допомогою відеозйомки з частотою 5 кад/с і авторської програмної розробки для захоплення та обробки зображення. Отримані експериментальні дані для однієї із температур середовища представлені на рис.2. порівняно з відповідними теоретичними залежностями.

Аналіз залежності  $d^2(t)$  для досліджуваних палив дозволив зробити оцінку величини константи випаровування крапель як однокомпонентних палив, так і їх бінарної суміші. Як видно з рис.2, значення констант випаровування, отриманих дослідним шляхом достатньо



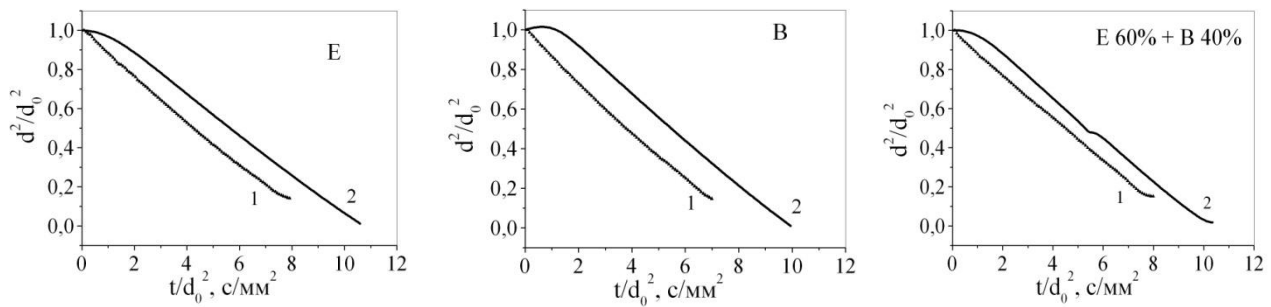


Рис.2 Порівняння експериментальних даних – (1) з результатами розрахунків кінетики випаровування однокомпонентних палив (E) і (B) та їх бінарної суміші E60%+B40% – (2) при температурі повітря .

добре узгоджуються з даними модельних розрахунків, а відсутність в експерименті передбачених цими розрахунками особливостей (нелінійні ділянки  $d^2(t)$ ) процесу випаровування краплі бінарної суміші можна пояснити неврахуванням в моделі тепловим впливом підвісу. Певне підтвердження існування виявлених обрахунками особливостей процесу випаровування крапель суміші палив можна знайти в роботі [5], де представлені результати експериментальних досліджень кінетики випаровування та вимірювання температури крапель бінарної суміші етанолу і ацетону з водою. А саме, якісний характер поведінки температури краплі при випаровуванні водяних розчинів з значним (>65–72%) вмістом етанолу або ацетону, і температури краплі бінарної суміші біопалив, що представлена на рис. 1.б, співпадає.

#### Література

1. *Dukes J.S.* Burning buried sunshine human consumption of ancient solar energy / *J.S. Dukes* // *Climatic Change*.– 2003. – V.61. –P. 31–44.
2. *Gomez L.D.* Sustainable liquid biofuels from biomass: the writing's on the walls / *L.D.Gomez, C.G.Steele-King, S.J.McQueen-Mason* // *New Phytologist*.– 2008.–V.178, no. 3. –P. 473–485.
3. *Wallner T.* A Comparison of Ethanol and Butanol as Oxygenates Using a Direct-Injection, Spark-Ignition Engine / *T.Wallner, S. A.Miers and S. McConnell* // *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. – 2007. – V.131, no.3. –P. 129 – 139.
4. *Zhang L.* Vaporization modeling of petroleum-biofuel drops using a hybrid multi-component approach / *L. Zhang, S-Ch. Kong.* // *Combustion and Flame*. – 2010. – Vol. 157. – P. 2165-2174.
5. *В.И.Терехов* Тепломассообмен при испарении капель бинарных растворов / *В.И.Терехов, Н.Е.Шишкин* // *Испарение, конденсация: сб. трудов V Российской национальной конференции по теплообмену*. – М., 2010. – Т.4. – С.302 – 305.

#### **Копійка О.К., Олифиренко Ю.О., Калінчак В.В., Дараків Д.С. Випаровування крапель бінарної суміші біопалив.**

У роботі представлені результати досліджень випаровування крапель одноатомних насичених спиртів: етанолу (E), бутанолу (B) та їх бінарної суміші з масовою часткою (E) - 60% у нагрітому повітрі ( $T_{\infty}=440\div 675\text{K}$ ). Застосовуючи дискретно-компонентний підхід для опису процесів тепло- масопереносу, що мають місце при випаровуванні різних за початковим складом крапель паливної суміші, запропоновані прогностичні оцінки динаміки зміни розміру, складу і температури крапель досліджуваних палив під час їх випаровування. Порівняльний аналіз, отриманих в рамках розглянутої моделі, розрахункових даних дозволив запропонувати можливий механізм випаровування крапель двохкомпонентної паливної суміші і пояснити деякі передбачені особливості у поведінці основних характеристик цього процесу.

**Ключові слова:** біопаливо, етанол, бутанол, бінарні суміші, випаровування, крапля.

#### **Kopeyka A.K., Olifirenko J.O., Kalinchak V.V., Darakov D.S Binary biofuel mixtures droplet evaporation.**

This paper presents the results of lower alcohols - ethanol (E), butanol (B) and their binary mixtures droplets evaporation process simulation in hot air ( $T_{\infty} = 440 \div 675\text{K}$ ). During evaporation fuel droplets size, composition and temperature change dynamics prognostic evaluations were obtained using discrete-component approach for description of different initial composition fuel mixtures heat-mass transfer processes. Obtained within the framework calculated data comparative analysis allowed to propose a possible mechanism of multicomponent fuel mixtures droplets evaporation and explain some of predicted features in main process characteristics behavior.

**Key words:** biofuel, ethanol, butanol, binary mixtures, evaporation, drop.

**Кравчук А.В.**

аспирант

Институт технической теплофизики НАН Украины

**Авраменко А.А.**

чл.-кор. НАН Украины, доктор технических наук., профессор,  
зам. директора Института технической теплофизики НАН Украины

Киев, Украина

*kravchuk018@gmail.com*

## МОНТЕ–КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НАНОЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ

Добавления к жидкости твердых частиц субмикронных размеров, то есть наночастиц, приводит к резкому изменению свойств жидкости, что открывает широкую перспективу для использования наножидкостей в теплообменном оборудовании. Наиболее важные свойства наножидкостей – это высокая теплопроводность и низкая чувствительность к седиментации, эрозии и засорению, которые происходят в обычных жидкостях с добавками микрочастиц.

Часто в практических приложениях возникает ситуация, когда необходимо иметь информацию о физическом процессе в локальной точке. В этом случае весьма полезным является метод Монте-Карло.

Математическая модель гидродинамики и тепло-, массообмена наножидкостей была предложена в работе [1]. В данной работе метод Монте-Карло использовался для исследования теплообмена наножидкостей в плоском канале на гидродинамическом стабилизированном участке с учетом модели [1].

Систему дифференциальных уравнений [1] для стабилизированного гидродинамического участка можно представить в безразмерном виде:

$$\text{Pe} RC(\varphi) \left( \bar{u} \frac{\partial \theta}{\partial \bar{x}} \right) = K(\varphi) \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \bar{y}^2} \right) + \frac{\rho c}{\text{Le}} \left( \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{x}} \frac{\partial \theta}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{y}} \frac{\partial \theta}{\partial \bar{y}} \right) + D \left( \frac{\partial \theta}{\partial \bar{x}} \frac{\partial \theta}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \theta}{\partial \bar{y}} \frac{\partial \theta}{\partial \bar{y}} \right) \right), \quad (1)$$

$$\text{Pe} \left( \bar{u} \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{x}} \right) = \frac{1}{\text{Le}} \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \bar{y}^2} + D \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \bar{y}^2} \right) \right), \quad (2)$$

Профиль скорости имеет вид:

$$\bar{u} = 1 - \left( \frac{\bar{y} - 0.5}{0.5} \right)^2. \quad (3)$$

Система уравнений (1) и (2) решается при следующих граничных условиях на стенке

$$u = \theta = 0, \quad \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{y}} \right)_w = - \left( D \frac{\partial \theta}{\partial \bar{y}} \right)_w. \quad (4)$$

Основной составляющей частью решения дифференциальных уравнений методом Монте-Карло является случайное блуждание. Обычно процесс случайного блуждания моделируется на решетке, так что в каждый момент времени происходит "перескок" броуновской частицы из одного узла в соседний [2].

Наложим на плоский канал квадратную сетку с размерами ячеек  $\Delta \bar{x}$  и  $\Delta \bar{y}$ . Частица, находящаяся в точке  $(i, j)$ , может перейти в одну из точек  $(i+1, j)$ ,  $(i, j+1)$ ,  $(i-1, j)$ ,  $(i, j-1)$  с соответствующими вероятностями:  $P_{x+}$ ,  $P_{y+}$ ,  $P_{x-}$ ,  $P_{y-}$ . Следует учитывать, что вероятности не могут быть неотрицательны и сумма их равна единице. Сгенерировав случайное число от 0 до 1, мы определяем к какому промежутку вероятностей оно принадлежит.

Представив уравнение (1) в конечных разностях, становится очевидным, что температуру в любой точке сетки  $\theta(i, j)$  можно выразить через температуры соседних точек.

Чтобы начать вычисление температуры в точке  $(i, j)$ , частица приводится в движение из этой же точки. Частица блуждает по узлам сетки от точки к точке до тех пор, пока не достигнет границы, в этом случае граница представляет собой поглощающий экран. После чего записывается известная в этой граничной точке температура.

Обозначим температуру в конце первого блуждания  $\theta_w(1)$ . Затем из точки  $(i, j)$  выпускается вторая, третья, ...,  $N$ -я частицы и записываются соответствующие температуры в конечных точках блуждания  $\theta_w(2), \theta_w(3), \dots, \theta_w(N)$ .

Температура внутренней точки определяется как сумма усредненных температур граничных точек, достигнутых беспорядочно блуждающими частицами, и среднего значения параметра  $S$ . Например, при первом запуске случайно блуждающей частицы из точки  $(i, j)$  она сделала  $g_1$  шагов.

Тогда параметр  $S(1)$  будет иметь значение  $\sum_{m=1}^{g_1} S_m$ . При  $N$ -том запуске –  $S(N) = \sum_{m=1}^{g_N} S_m$ . В итоге, формула для определения температуры имеет следующий вид:

$$\theta(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \theta_w(n) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left( \sum_{m=1}^{g_n} S_m \right). \quad (5)$$

На первой итерации алгоритма определяется температура жидкости без наличия наночастиц. Далее рассчитываем концентрацию наночастиц, и на третий итерации находим температуру наножидкости.

Концентрации наночастиц определяются с помощью конечно разностного вида уравнения (2) по аналогии с нахождением температуры, за исключением граничных условий на верхней и нижней стенках (4), при этом на левой границе используется поглощающий экран. Разлагая концентрацию в окрестности стенки в ряд Тейлора и удерживая члены до второго порядка, имеем:

$$\varphi_w = \varphi_{\Delta n} + D \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Delta n, \quad (6)$$

где  $\varphi_{\Delta n}$  – концентрация в точке, расположенной на расстоянии  $\Delta n$  (интервал отражения) от границы.

Таким образом, концентрация в определённой точке  $\varphi(i, j)$  запишется в виде:

$$\varphi(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \varphi_w(n) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left( \sum_{m=1}^{g_n} F_m \right). \quad (7)$$

Как упоминалось выше, в задаче рассматривалось течение в плоском канале при параболическом профиле скорости (3). Длина канала выбиралась достаточно большой, для того чтобы блуждающая частица не достигала правой границы. Все компьютерные эксперименты проводились при следующих условиях: температура на верхней и нижней стенках канала  $\theta_w = 0$ , входящая слева наножидкость имеет температуру  $\theta_l = 1$ . Вычисления проводились для продольной координаты  $\bar{x} = 1$ .

Вычислив коэффициент теплоотдачи как производную температуры по координате вблизи стенки, мы можем посчитать число Нуссельта:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha H}{k_f}, \quad \text{Nu}_0 = \frac{\alpha_0 H}{k_f},$$

где индекс 0 означает чистую жидкость,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи.

На рис. 1 представлены результаты вычислений относительного числа Нуссельта, при следующих параметрах:  $Pr=1$ ,  $Re=1$ ,  $Le=10$ ,  $RC=1$ ,  $\overline{\rho c}=1.048$ ,  $D=0.05$ . Незначительное количество примеси наночастиц приводит к значительному увеличению теплообмена. При этом наблюдается линейный характер увеличения теплоотдачи. Из рис. 1 видно, что зависимость относительного числа Нуссельта от безразмерного коэффициента теплопроводности носит нелинейный характер. Т.е. с ростом значения теплопроводности наночастиц скорость роста теплообмена падает.

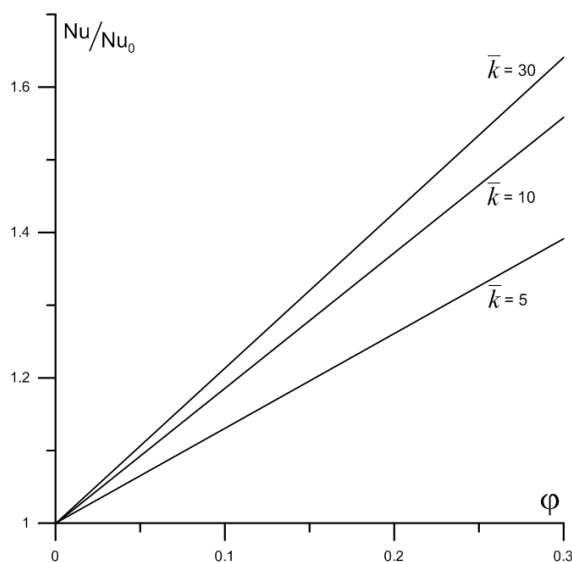


Рис. 1. Зависимость относительного числа Нуссельта от входящей объёмной доли наночастиц при различных безразмерных коэффициентах теплопроводности

### Література

1. Buongiorno J. Convective transport in nanofluids. Journal of Heat Transfer. 2006. № 128. P. 240 – 250.
2. Minkowycz W. J., Sparrow E. M., Murthy J. Y. Handbook of Numerical Heat Transfer, 2nd edition. Hoboken, New Jersey.: John Wiley & Sons, Inc, 2006.

#### **Кравчук А.В. Монте–Карло моделирование теплообмена наножидкости в канале**

**Анотація.** В роботі описан алгоритм моделювання теплообмена наножидкостей, оснований на методі Монте-Карло. Розглянуто течення стаціонарного потоку в плоскому каналі. На основі алгоритму досліджено впливання різних параметрів наножидкостей на відносне число Нуссельта.

**Ключевые слова:** наножидкость, теплообмен, метод Монте-Карло

#### **Kravchuk A.V. Monte Carlo simulation of heat transfer of nanofluid in a channel**

**Abstract.** This work describes algorithm for nanofluids heat transfer simulation which is based on the Monte Carlo method. The steady flow in a flat channel is considered. On the basis of the algorithm the effect of various parameters of nanofluids on the relative Nusselt number is studied.

**Key words:** nanofluid, heat transfer, Monte Carlo simulation

**Куземко Р.Д.**

кандидат технических наук, доцент

Приазовский государственный технический университет

Мариуполь, Украина

**Калинчак В.В.**

доктор физико-математических наук, профессор

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова»,

Одесса, Украина

**Козловцев С.В.**

начальник конвертерного цеха

ЧАО «ММК им. Ильича»

Мариуполь, Украина

**Черненко А.С.**

кандидат физико-математических наук, доцент,

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова»

Одесса, Украина

*ruslan.kuzemko@mail.ru*

## **ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НЕСУЩЕГО ГАЗА НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУИ В РАСПЛАВ**

Черная металлургия Украины – крупнейший потребитель технологических порошков. В настоящее время вдувание рафинирующих порошков в расплавы при внепечной обработке металла, например, через инжекционную фурму в установке «ковш-печь» – наиболее эффективный способ получения чистой стали. Поэтому эта технология является как никогда актуальной и ее можно отнести к проблеме национального масштаба №2 в металлургической отрасли страны. Широкое применение технологических порошков привело к быстрому развитию целых разделов современной газодинамики многофазных потоков с применением серьезного математического аппарата.

*Цель исследования* – используя систему многопараметрических дифференциальных и алгебраических уравнений, установить влияние диаметра  $\delta$  частиц и их нагрева на длину струи  $h_{стр}$  в расплаве, а также на изменение объемной доли  $\varepsilon_2$  твердой фазы как вдоль продувочной фурмы, так и в выходном её сечении, изыскание методов увеличения энергии истечения, что может существенно интенсифицировать процесс перемешивания расплава.

*Математическая модель.* В настоящей работе рассматривается течение газа с крупным монодисперсным порошком применительно к процессу продувки через вертикальную фурму, опущенную в расплав в защитной футеровке. Полагаем известными температуру расплава  $t_p$ , расход газа  $G_1$  и дисперсной фазы  $G_2$ . Требуется определить давление на входе фурмы  $p$ , обеспечивающее заданный расход газозвеси, а также импульс  $I$  истекающего двухфазного потока, от которого зависит проникновение струи в расплав, а по ним рассчитать  $h_{стр}$ .

*Система уравнений.* Использовали систему обыкновенных дифференциальных уравнений квазиодномерного, нестационарного двухфазного течения в двухскоростном двухтемпературном приближении. Уравнение движения представляли как:

– несущий газ

$$G_1 \frac{dw_1}{dx} = - e_1 \frac{dp}{dx} - F_{12} - F_{1w} + g e_1 r_1; \quad (1)$$

– дисперсная примесь

$$G_2 \frac{dw_2}{dx} = - e_2 \frac{dp}{dx} + F_{12} - F_{2w} + g e_2 r_2. \quad (2)$$

Уравнение энергии для несущего газа использовали в форме

$$G_1 \frac{d}{dx} \left( \frac{\rho_1}{\rho} h_1 \right) + \frac{w_1^2}{2} \frac{d}{dx} \left( \frac{\rho_1}{\rho} \right) = e_1 \frac{dp}{dx} - Q_{12} + Q_w - F_{12} w_2. \quad (3)$$

Аналогичное уравнение энергии записывали для порошка.

Естественно, что объемная доля газовой  $\varepsilon_1$  и твердой  $\varepsilon_2$  фаз связаны соотношениями

$$e_1 + e_2 = 1 \quad (4)$$

В уравнениях (1) – (4) и далее параметры обозначают:  $p$  – статическое давление, Па;  $T$  – термодинамическая температура, К;  $G = \varepsilon \rho w$  – приведенный массовый расход, кг/(с·м<sup>2</sup>);  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $F_{1w}, F_{2w}, F_{12}$  – потери импульса за счет взаимодействия газообразной и твердой фазы о стенку фурмы, а также сила межфазного взаимодействия, Н/м<sup>3</sup>;  $Q_{1w}$  – тепловой поток, передаваемый от разогретой стенки к газу, Вт/м<sup>3</sup>;  $Q_{12}$  – теплота межфазного теплообмена, Вт/м<sup>3</sup>;  $w$  – скорость, м/с;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – объемная доля газовой и твердой фазы;  $h$  – энтальпия, кДж/кг;  $l, D$  – длина и внутренний диаметр сопла фурмы, м;  $\rho_2$  – плотность порошка, кг/м<sup>3</sup>;  $V_n$  – расход газоносителя, м<sup>3</sup>/ч.

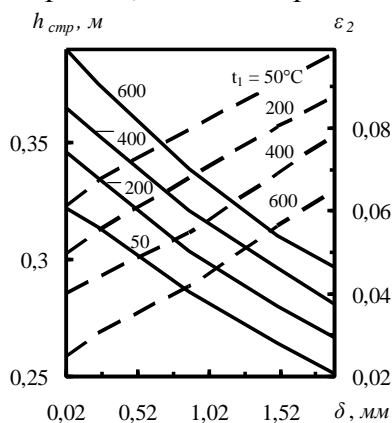


Рис. 1. Зависимость длины струи  $h_{cpr}$  (—) в металле и объемной доли порошка  $\varepsilon_2$  (---) от диаметра частиц  $\delta$  и температуры  $t_1$  на срезе сопла на глубине  $h$ . Исходные данные:  $D = 10$  мм,  $l = 100$  мм,  $f = 1,3$ ,  $m_2 = 44$  кг/мин,  $V_n = 70$  м<sup>3</sup>/ч,  $\rho_2 = 1700$  кг/м<sup>3</sup>.

Из рисунка видно, что нагревая газ можно существенно увеличить заглублиение в металл  $h_{cpr}$  газопорошковой струи, а, значит, и повысить работу перемешивания расплава струей.

**Адекватность модели.** Она подтверждается, например, что чем больше диаметр  $\delta$  порошка, тем при одном и том же его расходе  $m_2$  меньше частиц в газозвеси, снижается поверхность трения, уменьшается как давление  $p$  перед соплом, так и скорости  $w_1$  и  $w_2$  истечения газопорошковой струи в металл. Естественно, что при более низком значении импульса  $I$  заглублиение  $h_{cpr}$  и мощность перемешивания расплава снижаются.

Куземко Р.Д., Калинин В.В., Козловцев С.В., Черненко А.С. Влияние нагрева несущего газа на заглублиение газопорошковой струи в расплав

**Аннотация.** Используя математическую модель течения газозвеси в соплах инжекционной фурмы показано, что нагревая газозвесь можно существенно увеличить заглублиение газопорошковой струи в металлический расплав.

**Ключевые слова:** инжекционная фурма, монодисперсный порошок, уравнение движения, уравнение энергии, заглублиение в расплав.

Kuzemko R. D., Kalinchak V. V., Kozlovcev S. V., Chernenko A. S. Influence of heating of the carrier gas on the penetration of the gas-powder jet into the melt

**Abstract.** Using the mathematical model of gas-suspension flow in injection nozzles, it is shown that by heating the gas suspension it is possible to substantially increase the penetration of the gas-powder jet into the metallic melt.

**Key words:** injection lance, monodisperse powder, equation of motion, energy equation, penetration into the melt.

**Луценко В.Ю.**  
кандидат технічних наук, доцент кафедри ММНФМДВШ,  
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова,  
Київ, Україна;  
*luc\_vad@mail.ru*

**Жагров А.С.**  
кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики  
**Оселедчик Ю.С.**

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри МЕІС  
Запорізька державна інженерна академія,  
Запоріжжя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА В НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕМПЕРАТУРНОМУ ПОЛІ**

Поява нових матеріалів, вдосконалення технологій їх отримання, екологічні та енергетичні проблеми в останні роки стали причинами зростання зацікавленості до питань термоелектрики. Термоелектричні пристрої (генератори і холодильники) дозволяють перетворювати теплову енергію в енергію електричного струму і навпаки. Можливість застосування цих пристроїв для утилізації «теплових забруднень», відсутність у їх складі механічних частин, отруйних холодоагентів, мала інерційність і габарити вказують на перспективність розвитку цього напрямку. Проте, низький ККД термоелектричних пристроїв обмежує їх широке застосування.

Підвищити ефективність термоелектричного приладу вдається в нестационарних режимах роботи, що пояснюється істотною відмінністю постійних часу електричних та теплових процесів, що мають місце всередині модуля [1]. Результати вивчення таких режимів у випадку термоелектричних холодильників досить широко висвітлені в науковій літературі [2-4], в той час як багато питань, пов'язаних з роботою термоелектричного генератора (ТЕГ) у періодичному перехідному режимі, потребують додаткових досліджень.

Для вивчення періодичного перехідного режиму термоелектричного генератора була створена експериментальна установка, що включає кероване джерело імпульсного струму, пристрій реєстрації вихідної напруги ТЕГ, два модулі Пельтьє – М1, М3 (ТЕС1-12708), які використовувалися в якості нагрівача і холодильника для досліджуваного ТЕГ – М2 (ТЕС1-12703). При зміні напрямку зовнішнього струму через модулі М1, М3 нагрівач і холодильник міняються місцями, таким чином, ТЕГ М2 знаходиться в умовах, коли зовнішній по відношенню до нього тепловий потік періодично змінює свій напрямок. У ході аналізу вихідного сигналу ТЕГ встановлено наявність максимуму на часовій залежності термо-ЕРС. При досить тривалому часі протікання постійного струму одного напрямку (не менше 5хв.), на опорі навантаження генератора встановлюється стаціонарне значення напруги, яке характеризує роботу ТЕГ у зовнішньому стаціонарному температурному полі. Експериментально досліджено залежності генерованої потужності від опорного навантаження, визначене значення цього опорного навантаження, для якого реалізується режим відбору «максимальної потужності» для випадків періодичного перехідного та стаціонарного режимів роботи ТЕГ. Отримана залежність генерованої потужності від періоду зміни напрямку зовнішнього теплового потоку, встановлено наявність «оптимальної частоти» роботи, для якої має місце максимальне значення генерованої ТЕГ потужності, в нашому випадку оптимальна частота роботи склала  $\sim 0.01$  Гц.

Експериментальне дослідження перехідного режиму роботи ТЕГ підтвердило можливість істотного поліпшення характеристик перетворення теплової енергії в електричну у порівнянні зі стаціонарним методом перетворення. Перехід до періодичного перехідного

режиму роботи термоелектрогенератора забезпечує можливість збільшення у 20 і більше разів значення генерованої потужності. В основі такого підвищення ефективності роботи ТЕГ лежить поява максимуму в його вихідній напрузі, що пояснюється короткочасним, протягом приблизно 20с, збільшенням теплового опору генератора. По закінченню цього часу тепловий опір зменшується і відновлюється стаціонарний режим генерації.

Фізично тимчасове збільшення теплового опору ТЕГ означає, що теплові втрати на певний час зменшуються і теплота, яка приходить в спаї напівпровідникових термопар від нагрівача, нагріває їх до значно вищої температури порівняно з стаціонарним режимом. Аналогічно, зменшення втрат теплової енергії, пов'язаних з теплопровідністю всередині модуля, призводить до того, що холодні спаї охолоджуються до значно меншої порівняно зі стаціонарним режимом температури. Поява додаткової температурної різниці між гарячими і холодними спаями і визначає появу максимуму у вихідній напрузі термоелектрогенератора.

Проведене експериментальне дослідження свідчить про зменшення теплових втрат, пов'язаних з теплопровідністю всередині модуля. Таким чином, можна очікувати збільшення ККД генераторів, що працюють в перехідному режимі. Отримані результати вказують на перспективність подальших досліджень та необхідність переходу до реального нагрівника і холодильника. У таких системах напрямок теплових потоків в ТЕГ можна буде міняти механічно, наприклад, якщо генератор буде мати циліндричну форму і періодично повертається на 180 градусів між нагрівачем і холодильником, що мають напівциліндричні западини.

#### Література

1. Иорданишвили Е.К., Бабин В.П. Нестационарные процессы в термоэлектрических и термомагнитных системах преобразования энергии. М.: Наука, 1983.– 216 с.
2. A.A. Snarskii, I.V. Bezudnov Rotating thermoelectric device in periodic steady state. Energy Conver 2015; 94: 103–111.
3. Ming Ma, Jianlin Yu , Jiaheng Chen An investigation on thermoelectric coolers operated with continuous current pulses. Energy Conver 2015; 98: 275–281.
4. Nguyen Q. Nguyen, Kishore V. Pochiraju Behavior of thermoelectric generators exposed to transient heat. Applied Thermal Engineering 2013; 51:1-9.

#### **Луценко В.Ю., Жагров А.С., Оселдчик Ю.С. Дослідження термоелектричного генератора в нестационарному температурному полі**

**Анотація.** У роботі представлено вимірювальну установку і запропоновано нову методику експериментального дослідження періодичного перехідного режиму роботи термоелектричного генератора. Визначено значення оптимальної частоти зміни зовнішніх теплових потоків та запропоновано якісне пояснення зростання в періодичному перехідному режимі генерується термоелектричним генератором потужності.

**Ключові слова:** термоелектрика, термоелектричний генератор, пряме перетворення енергії, перехідний режим, рекуперация тепла .

#### **Луценко В.Ю., Жагров А.С., Оселдчик Ю.С. Исследование термоэлектрического генератора в нестационарном температурном поле**

**Аннотация.** В работе представлена измерительная установка и предложена новая методика экспериментального изучения периодического переходного режима работы термоэлектрического генератора. Определено значение оптимальной частоты смены внешних тепловых потоков и предложено качественное объяснение возрастания в периодическом переходном режиме генерируемой термоэлектрическим генератором мощности.

**Ключевые слова:** термоэлектричество, термоэлектрический генератор, прямое преобразование энергии, переходной режим, рекуперация тепла .

#### **Lutsenko V.Yu., Zhagrov A.S., Oseledchik Yu.S. Study of a thermoelectric generator in non-stationary temperature field**

**Abstract.** This paper presents a measuring installation and proposes a new method for experimental investigation of periodic transient mode of thermoelectric generator. The value optimal frequency of changing the external thermal fluxes is determined and qualitative explanation of increase power in periodic transient regime generated by the thermoelectric generator is given.

**Key words:** thermoelectricity, thermoelectric generators, direct energy conversion, mode transition,



**Маруженко О.В.**

аспірант Інституту хімії високомолекулярних сполук НАНУ,  
Київ, Україна  
Університет Клод Бернар Ліон 1,  
Ліон, Франція

**Мамуня Є.П.**

доктор фізико-математичних наук, професор,  
провідний науковий співробітник,  
Інституту хімії високомолекулярних сполук НАНУ,  
Київ, Україна

**Буато Жизель**

професор Університету Клод Бернар Ліон 1,  
Ліон, Франція

**Прювост Себастьян**

професор Національного інституту прикладних наук INSA,  
Ліон, Франція

*a.v.maruzhenko@gmail.com*

## **ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ І ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ З ВПОРЯДКОВАНИМИ КАРБОНОВИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ**

Провідні полімерні композити (ППК) відіграють важливу роль в різних областях електронної промисловості через їх особливі властивості. Проте, ППК зі статистичним розподілом провідної фази в полімерній матриці вимагають високого вмісту наповнювача (більше 10 об.%) для виникнення провідності в композиті. Такий високий вміст наповнювача значно погіршує механічні властивості і технологічні умови одержання композитів.

Одним з рішень цієї проблем є формування систем з впорядкованим розподілом провідної фази. До таких систем належать сегреговані полімерні композити, в яких провідний наповнювач створює впорядковану структуру в полімерній матриці у вигляді каркасу. Локальна концентрація наповнювача  $\varphi_{loc}$  в стінці каркасу сегрегованої системи вища, ніж середня концентрація наповнювача  $\varphi$ , розрахована для всього об'єму зразка,  $\varphi_{loc} > \varphi$ . Внаслідок цього, поріг перколяції  $\varphi_c$ , що визначає перехід діелектрик/провідник, значно нижчий, ніж для статистичного розподілу наповнювача.

Сегрегована структура ППК на основі поліетилену надвисокомолекулярної маси (НВМПЕ) була сформована методом гарячого пресування. В якості наповнювачів, використовували два типи вуглецевих наповнювачів: мікронаповнювач антрацит (А) і нанонаповнювачі – графен (Гр) і термічно розширений графіт (ТРГ). Також була сформована серія зразків з гібридним типом наповнювача – графен/антрацит з об'ємним співвідношенням 1/3. Для порівняння були виготовлені зразки на основі поліпропілену зі статистичним розподілом наповнювача (ПП-А). Електрична провідність вимірювалась на змінному і постійному струмі, теплопровідність – методом гарячого диска.

Вплив розподілу наповнювача на електропровідність показано на рис.1. Концентраційна залежність провідності на постійному струмі визначається рівнянням перколяції:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot (\varphi - \varphi_c)^t, \quad (1)$$

де  $\sigma_0$  – параметр провідності,  $\varphi$  – концентрація наповнювача,  $\varphi_c$  – значення порога перколяції,  $t$  – критичний показник. Значення порогів перколяції для сегрегованих композитів і композитів зі статистичним розподілом наповнювача, наведені в таблиці 1. З таблиці видно, що найнижчі значення порогу перколяції  $\varphi_c$  мають сегреговані системи з нано і гібридним наповнювачами, в той час як система зі статистичним розподілом наповнювача ПП-А має набагато більш високе значення  $\varphi_c = 24,8$  об.%. Такі результати можна пояснити існуванням в сегрегованих системах впорядкованої провідної фази дисперсного наповнювача з  $\varphi_{loc} > \varphi$ , що зменшує значення  $\varphi_c$  порівняно з композитами, які мають статистичний розподіл наповнювача.

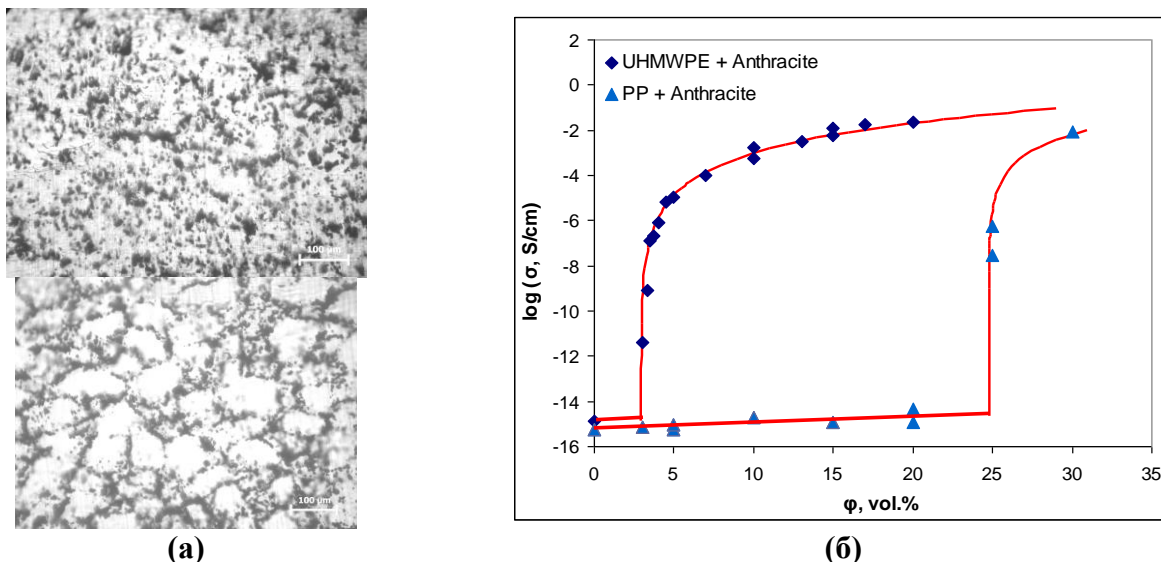


Рис. 1. (а) Оптична мікроскопія композитів, наповнених антрацитом зі статистичним розподілом (верхній) і сегрегованим (нижній); (б) Концентраційна залежність електропровідності на постійному струмі сегрегованої системи (ромби) та системи зі статистичним розподілом антрацита (трикутники). Лінії – розрахункові залежності відповідно до рівняння (1).

Таблиця 1

Серія	$\phi_c, \text{об.}\%$	$t$	$\sigma_0, \text{См/см}$	$\lambda_p, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\lambda_f, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$
ПП-А	24.8	2.5	$9.6 \cdot 10^0$	0.26	7.2
НВМПЕ-А	2.95	3.5	$9.6 \cdot 10^0$	0.43	31.6
НВМПЕ-Гр	0.21	3.0	$6.6 \cdot 10^2$	0.43	44.7
НВМПЕ-ТРГ	0.55	3.3	$3.0 \cdot 10^2$	-	-
НВМПЕ-(Гр+А)	0.49	3.3	$1.3 \cdot 10^1$	0.43	35.5

Теплопровідність систем не підпорядковується перколяційній поведінці і може бути добре описана моделлю Ліхтенеккера:

$$\log \lambda = (1 - \phi) \log \lambda_p + \phi \log \lambda_f, \quad (2)$$

де  $\lambda$ ,  $\lambda_p$ ,  $\lambda_f$  – теплопровідність композиту, полімеру і наповнювача, відповідно. У рівнянні (2)  $\lambda_f$  служить в якості параметра, який вказує на теплопровідність фази дисперсного наповнювача. Значення  $\lambda_f$  у всіх композитах є набагато меншим, ніж для блочного графіту, що обумовлено наявністю контактних термічних опорів між частинками. Композит ПП-А з випадковим розподілом наповнювача показує істотно нижче значення  $\lambda_f$ , що вказує на кращу передачу термічного потоку через фазу наповнювача в сегрегованих системах.

**Маруженко О.В., Мамуня Є.П., Буато Ж., Прювост С.. Електрофізичні і теплові властивості композитів з впорядкованими карбоновими наповнювачами.**

**Анотація.** В роботі досліджено електрофізичні і теплові властивості сегрегованих систем з упорядкованим просторовим розподілом вуглецевих наповнювачів. Досліджено вплив структури композиту на його характеристики. Полімерною основою композитів слугував надвисокомолекулярний поліетилен, який містив вуглецеві наповнювачі мікро- і нанорозмірів. Показано значний вплив розподілу і розміру частинок наповнювача на величину перколяційного порогу і теплопровідність фази наповнювача.

**Ключові слова:** впорядковані системи, сегреговані композити, локальна концентрація, електропровідність, теплопровідність, перколяційна модель, рівняння Ліхтенеккера.

**Maruzhenko O., Mamunya Ye., Boiteux G., Pruvost S.. Electrophysical and thermal properties of composites with carbon fillers ordered structure.**

**Abstract.** There were investigated electrophysical and thermal properties of segregated systems with ordered spatial distribution of carbon fillers. Also was studied influence of composite structure on its parameters. Segregated composites were based on the ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE) filled with micro- and nanosized carbon fillers. There was shown significant influence of filler distribution and filler size on the values of percolation threshold and thermal conductivity of filler phases.

**Key words:** ordered systems, segregated composites, local concentration, electrical conductivity, thermal conductivity, thermal analysis, percolation model, Lichtenecker equation.

**Matkovska L.K.**

PhD student, Institute of Macromolecular  
Chemistry of NAS of Ukraine

**Iurzenko M.V.**

Dr., Senior staff scientist, Institute of Macromolecular  
Chemistry of NAS of Ukraine

Kyiv, Ukraine

4ewip@ukr.net

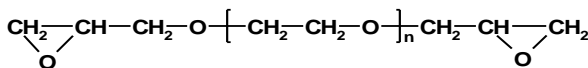
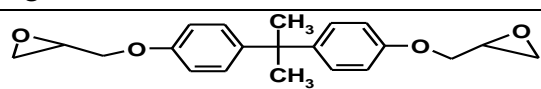
## THERMAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITES BASED ON THE ALIPHATIC AND AROMATIC OLIGOMERS AND THE LITHIUM PERCHLORATE SALT

Epoxy resins are thermosetting materials, which properties depend on the specific combination of the used type of epoxy resins and curing agents [1]. Diane-epoxy resin has been studied and used widely in industry, however, it was usually brittle, easy peeling and with poor impact resistance. These characteristics decreased the value and scope of their application. There are many approaches to improve characteristics of diene-epoxy resin, such as modification by vegetable oils, adding the plasticizers etc [2].

In this work the epoxy oligomer of diglycide aliphatic ester of DEG-1 and salt of lithium perchlorate were used for synthesis of epoxy polymer composites. Lithium perchlorate salt was previously pre-dried in vacuum at 80 °C during 8 h. After drying, LiClO<sub>4</sub> was dissolved in oligomer DEG-1 and aromatic diene-epoxy resin ED-20 was added. Solutions of DEG-1-ED-20-LiClO<sub>4</sub> were prepared with salt content from 0 to 30 phr (parts per hundred). Polyethylene polyamine (PEPA) hardener was used as a curing agent. The chemical structure and the various parts per hundred ratios of constituents of aliphatic DEG-1 and aromatic ED-20 oligomers, and PEPA used in this study are shown in the Table 1.

Table 1.

The chemical structure and the various parts per hundred ratios of oligomers.

Code	Oligomer name	Oligomer structure	Ratio, phr
DEG-1	The epoxy oligomer of diglycide aliphatic ester		67.5
ED-20	The aromatic-diane-epoxy resin		22.5
PEPA	Polyethylene polyamine	H <sub>2</sub> N(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH) <sub>n</sub> H	10

The structural organization and features of macromolecular ordering of the synthesized polymer systems were investigated by wide-angle X-ray spectra (WAXS) using the X-ray diffractometer DRON-4.07. The X-ray optical scheme was performed using Debye-Scherrer method by passing the primary beam through the polymer sample polymer using Cu K $\alpha$  emission ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ) that was made monochromatic using Ni filter. The X-ray tube BSV27Cu (U = 30 kV, I = 30 mA) was used as a source of characteristic Xray irradiation. The investigations were carried out by automatic step scanning in the range of scattering angles ( $2\theta$ ) from 2.6° to 40°, and the exposure time was 5 s.

The thermal characteristics were studied by differential scanning calorimetry (DSC) at TA Instruments DSC Q2000 in the temperature range from -70°C to +200°C with the heating rate of 10°C/min.

The analysis of the wide-angle X-ray diffraction patterns of the systems showed that perchlorate lithium salt has crystalline structure. On the other hand, system with 30 phr LiClO<sub>4</sub> is amorphous (Fig. 1). The epoxy oligomers DEG-1 and ED-20 that were cured with PEPA are characterized by short-range ordering in the space translation of molecular fragments of their cross-

site links. That is confirmed by presence of one diffraction peak (calculated from the angular half-width) of the diffusion type, in which the angular position is about 20.0°.

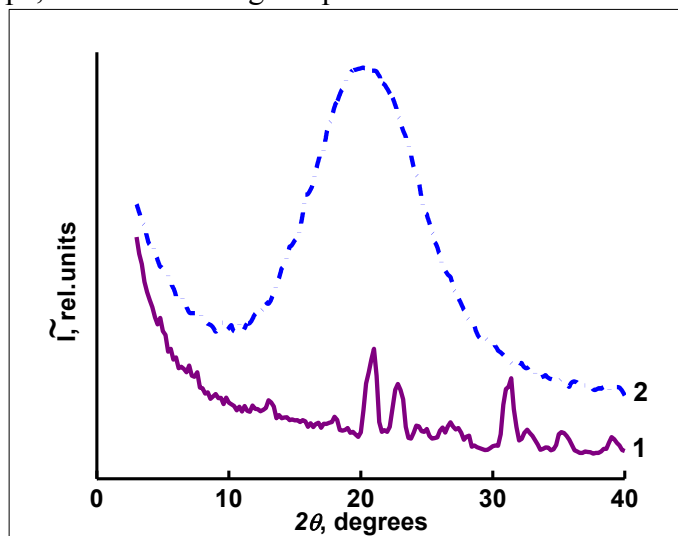


Fig. 1 The WAXS of perchlorate lithium salt (1) and DEG/ED-20 composites with 30 phr LiClO<sub>4</sub> (2).

The DSC analysis of the systems showed that all of them are amorphous, except perchlorate lithium salt that shows endothermic peaks at 79, 95, 133 and 150 °C, which correspond to crystalline structure. The introduction of various concentrations of LiClO<sub>4</sub> from 0 to 30 phr leads to a significant increase of glass transition temperature from 7 to 65 °C, due to the formation of coordination complexes, which were investigated in detail in our previous work [3]. Glass transition temperature (T<sub>g</sub>) was determined from the DSC curves and presented in the Table 2.

Table 2.

Dependences of glass transition temperatures of the DEG-1/ED-20 composites on LiClO<sub>4</sub> content.

DEG-1/ED-20	Content LiClO <sub>4</sub> , phr					
	0	5	10	15	20	30
T <sub>g</sub> , °C	6,5	24,5	37,2	46,5	54,4	64,7

Basing on the obtained results the introduction of LiClO<sub>4</sub> in the DEG-1/ED-20 composites increase their glass transition temperature and, probably, improve their characteristics.

#### Literature

1. Fan-Long Jin, Xiang Li, Soo-Jin Park / Synthesis and application of epoxy resins: A review // Journal of Industrial and Engineering Chemistry 29, 2015, pp. 1–11.
2. Dao Phi Hung, Nguyen Anh Hiep, Mac Van Phuc / Study on uv-crosslinking process of diene-epoxy resin/poly(tetrahydrofurane) divinyl ether system // Journal of Science and Technology 54 (2), 2016, pp. 249-257.
3. Matkovska L., Iurzhenko M., Mamunya Y., Matkovska O., Demchenko V, Lebedev Eu., Boiteux G., Serghei A. / Electrophysical behavior of ion-conductive organic-inorganic polymer system based on aliphatic epoxy resin and salt of lithium perchlorate // Nanoscale Res Lett. 2014; 9: 674.

#### Matkovska L.K., Iurzhenko M.V. Thermal characteristics of composites based on the aliphatic and aromatic oligomers and the lithium perchlorate salt

**Abstract.** The purpose of this study was to investigate the effect of the polymer systems based on aliphatic epoxy oligomer – diglycidylether of ethylene glycol DEG-1, aromatic diene-epoxy resin ED-20 and different content perchlorate lithium salt. Structure and properties of amorphous composites were characterized by means of the Wide Angle X-ray Spectra and the Differential Scanning Calorimetry.

**Key words:** aliphatic and aromatic oligomers, lithium perchlorate salt, glass transition temperatures, amorphous system.

#### Acknowledgments

Matkovska L acknowledges the financial support of the French Ministry of Foreign Affairs, grant № 870734L.

**Матковська О.К.**  
кандидат фізико-математичних наук  
науковий співробітник ІХВС НАН України  
Київ, Україна  
*omatkovska@ukr.net*

## ТЕРМОМЕХАНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ З ЕФЕКТОМ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ

Дослідженню полімерів з ефектом пам'яті форми (ЕПФ) у світових наукових центрах останні декілька десятиліть приділяють особливу увагу. Такі матеріали мають високий інноваційний потенціал і можуть бути сформовані в плівки для упаковки, термозбіжні трубки, смарт-тканини, інтелектуальні медичні прилади, імпланти для хірургії мінімальної інвазії, сонячні вітрила в космічних апаратах, які самі розгортаються, [1-3] та ін. Полімери з ЕПФ чутливі до різних факторів, можуть тримати тимчасову форму протягом тривалого часу і відновитися до їх первісної, постійної форми при накладенні стимулів, таких як тепло, світло, вологість, рН, хімічне, електричне або магнітне поле [1, 2, 4-6]. При цьому теплова активація є найбільш широко використовувана [7]. Нами виконана низка термомеханічних досліджень для вивчення ефекту пам'яті форми термореактивних епоксидних полімерів, що характеризуються широким діапазоном температур перемикання.

Метою дослідження було створити епоксидний матеріал з регульованою температурою прояву ефекту пам'яті форми. Ця задача вирішувалась додаванням дигліцидилового ефіру поліетиленгліколю (ДЕГ-1) до епоксидної основи.

Об'єктом дослідження були полімерні матеріали на основі сумішей епоксиретанової смоли (ЕПУ) та ДЕГ-1; як твердник було використано поліетиленполіамін. При цьому вміст ДЕГ-1 змінювали в межах 0-25%.

Для вивчення ЕПФ епоксидних полімерів виконана низка термомеханічних досліджень, які проводили на оригінальному обладнанні для термомеханічного аналізу в режимі пенетрації. Реєстрували проникнення індентора у зразок. Один цикл дослідження (рис. 1) включав такі стадії:

- нагрівання зразка від кімнатної температури до 120°C під навантаженням 1МПа з отриманням деформованого полімеру (крива 2);
- охолодження до кімнатної температури під навантаженням 1 МПа з фіксацією деформованої форми зразка (крива 3);
- нагрівання зразка до температури 120°C без навантаження, відбувалась релаксація деформації (крива 5);
- охолодження до кімнатної температури без навантаження приводило до фіксації початкової форми зразка (крива 6).

Для кожного досліджуваного складу виконували по три послідовні цикли вимірювань (рис. 2).

Як можна відмітити, значна відмінність між величинами  $L_1'$  і  $L_1''$  спостерігається лише на першому циклі, в подальшому  $L_1'$  і  $L_1''$  зближуються. Важливою характеристикою полімерів з ЕФП є коефіцієнт відновлення форми ( $R_r$ , %), що відображає здатність матеріалу відновлювати свою постійну форму після деформації та релаксації.  $R_r$  можна вирахувати для кожного ТМА циклу за формулою:

$$R_r = \frac{L_2 - L_1''}{L_2 - L_1'}$$

Таким чином, різниця між  $L_1'$  та  $L_1''$  визначає поведінку відновлення форми. Величина коефіцієнта відновлення форми  $R_r$  приведена в Таблиці 1.

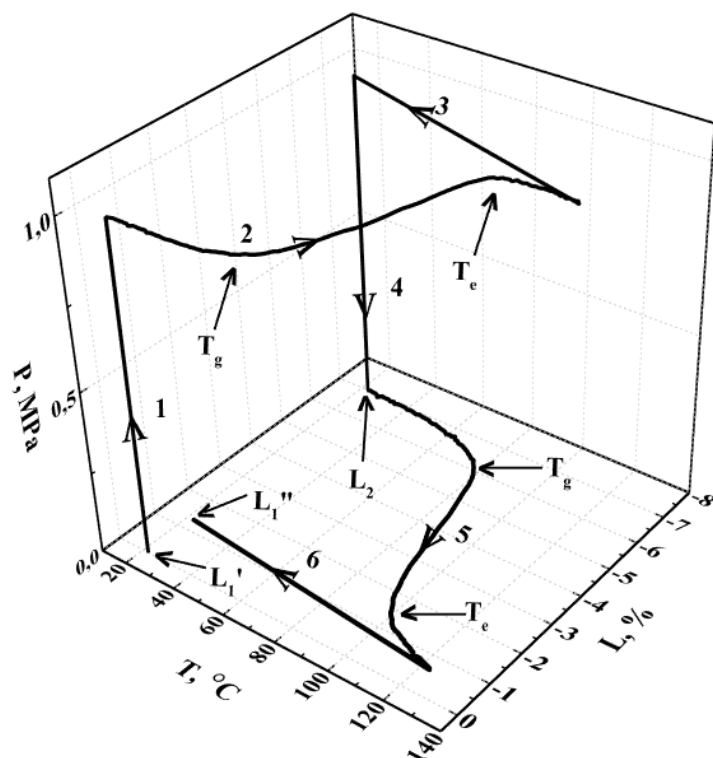


Рис. 1. Один цикл термомеханічного дослідження зразка епоксидного полімеру: 1 – навантаження при кімнатній температурі, 2 – нагрівання під навантаженням, 3 – охолодження під навантаженням, 4 – розвантаження при кімнатній температурі, 5 – нагрівання без навантаження, 6 – охолодження без навантаження. Параметри ТМА кривих:  $T_g$  – температура склування;  $T_e$  – температура високоеластичного стану;  $L_1'$  – величина початкової деформації для постійної форми;  $L_1''$  – величина деформації для постійної форми після релаксації;  $L_2$  – величина деформації тимчасової форми зразка

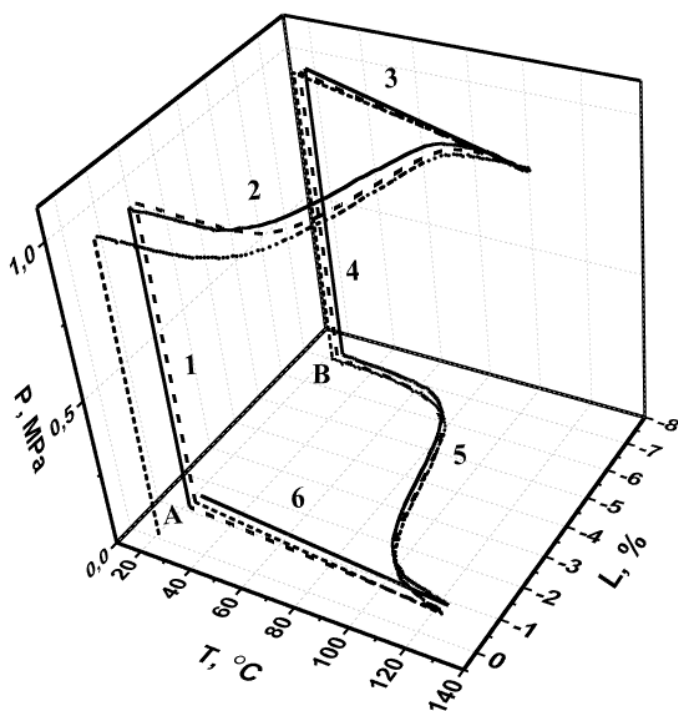


Рис. 2. Три цикли деформації/релаксації епоксидного полімерного матеріалу, отриманого при співвідношенні ЕПУ/ДЕГ-1 = 85/15, де цикли I, II і III – точкова, штрихова та суцільна лінії, відповідно; А і В – початкова і деформована форми зразка. Номери кривих – стадії процесу деформації/релаксації відповідно рис.1

Величина коефіцієнта відновлення форми залежно від співвідношення епоксидних олігомерів в вихідній суміші

Співвідношення ЕПУ/ДЕГ-1, %	Коефіцієнт відновлення форми $R_r$ , %		
	Cycle I	Cycle II	Cycle III
100/0	72	95	95
85/15	81	99	97
80/20	84	99	100
75/25	82	100	98

Отже, для першого циклу величина  $R_r$  знаходиться в межах від 72 % до 84 % для різних співвідношень ЕПУ/ДЕГ-1, в той час як для другого та третього циклів  $R_r$  дорівнює близько 100 %, що демонструє чудове відновлення форми в процесі деформації/релаксації.

Таким чином, модифікація епоксиполіуретанової основи дигліцидиловим ефіром поліетиленгліколю привела до отримання полімерів з регульованою температурою прояву ефекту пам'яті форми ( $T_g = 114-50^\circ\text{C}$ ), що дозволить в подальшому використовувати отримані матеріали для різних призначень. При цьому коефіцієнт відновлення форми демонструє хорошу відтворюваність в багатократних циклах деформації/релаксації епоксидного полімерного матеріалу.

#### Література

1. Ed. Jinsong Leng, Shanyi Du Shape memory polymers and multifunctional composites. New York: CRC Press Taylor and Francis Group Boca Raton, 2010: 374. ISBN-13: 9781420090192.
2. Белошенко В.А., Варюхин В.Н. Эффект памяти формы в полимерах и его применение. К.: Наукова думка, 2005: 192. ISBN 966-00-0526-1.
3. Klaus Friedrich. Multifunctionality of polymer composites. Challenges and new solutions. Ulf Breuer Elsevier Inc. 2015 USA 964. ISBN-13: 978-0323264341
4. Harper Meng, Guoqiang Li A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. Polymer, 2013, **54**: 2199-2221.
5. Berg G.J., McBride M.K., Wang C., Bowman C.N. New directions in the chemistry of shape memory polymers. Polymer, 2014, **55**: 5849-5872.
6. Lewis C.L., Dell E.M. A review of shape memory polymers bearing reversible binding groups. J. Polym. Sci., Part B: Polym. Physics, 2016, **54**: 1340–1364.
7. Fan M., Yu H., Li X., Cheng J., Zhang J. Thermomechanical and shape-memory properties of epoxy-based shape-memory polymers using diglycidyl ether of ethoxylated bisphenol-A. Smart Mater. Struct., 2013, **22**: 1-7.

#### Матковська О.К. Термомеханічні дослідження епоксидних полімерів з ефектом пам'яті форми

**Анотація:** Синтезовано епоксидні полімери з ефектом пам'яті форми (ЕПФ) на основі епоксиполіуретанового олігомеру (ЕПУ), модифікованого дигліцидиловим ефіром поліетиленгліколю (ДЕГ-1). Діапазон температур прояву ЕПФ, що асоціюється з температурою склування ( $T_c$ ), знаходиться в межах 114-50°C. ЕПФ вивчали методом циклічного ТМА. Виявлено, що коефіцієнт відновлення форми змінюється в межах 72 – 84 % на першому циклі дослідження та близький до 100% на наступних циклах, що демонструє хорошу відтворюваність в багатократних циклах деформації/релаксації.

**Ключові слова:** епоксидні полімери, ефект пам'яті форми, температура склування, термомеханічні властивості.

#### Matkovska O. K. Thermomechanical investigation of shape memory epoxy systems

**Abstract:** The shape memory epoxy polymers based on the epoxyurethane resin (EPU) modified with poly(ethylene glycol) diglycidyl ether (DEG-1) have been synthesized. Switching temperature deviation, associated with glass transition temperature  $T_g$ , is in the range 114-50 °C. Shape memory characteristics were determined by cyclic TMA. It was found that shape recovery ratio  $R_r$  was changed from 72 % to 84 % in the first cycle and was close to 100 % in the following cycles that demonstrated good reproducibility in multiple shape memory cycles deformation/relaxation.

**Key words:** epoxy polymer, shape memory effect, glass transition temperature, thermomechanical properties.

**Місюра А.І.**  
аспірант  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка  
**Науковий керівник – Мамуня Є. П.**  
доктор фізико-математичних наук, професор  
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України  
Київ, Україна  
*andrii\_misiura@ukr.net*

## **ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ТА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ**

Полімерні композити займають чільне місце серед матеріалів конструкційного призначення. Такі матеріали складаються з двох окремих фаз: полімерної матриці та дисперсного наповнювача. Наповнювачі це, зазвичай, тверді добавки, що включають в полімер для зміни його властивостей.

Одним з цікавих напрямків є сполучення полімеру з металевим наповнювачем, що дозволяє надати такому матеріалу електропровідних властивостей, покращити теплопровідні та механічні характеристики композитів. В той же час, полімерні композити зберігають параметри обробки притаманні для полімерних матеріалів. Властивості композитів залежать від багатьох факторів: природи полімеру та наповнювача, розміру та форми частинок наповнювача, параметрів формування композиту, взаємодії між фазами в композиті та від їх співвідношення. Контролюючи та змінюючи ці параметри можна досягти необхідних функціональних властивостей полімерних композитів.

Металонаповнені полімерні композити мають багато застосувань, наприклад, в електроніці, як провідні клеї та еластичні провідні елементи. Також такі композити використовують в авіаційно-космічній промисловості та для екранування електромагнітного випромінювання [1].

Метою даної роботи є дослідження електричних, термічних та механічних властивостей епоксидного полімеру наповненого дисперсними металами Cu та Ni.

Дослідження були проведені на зразках епоксидної смоли (ЕС) ЕД-20, наповненої дисперсними металами. Твердження композицій проводили за допомогою поліетиленполіаміну (ПЕПА), що був взятий у співвідношенні 10 мас. ч. ПЕПА на 100 мас. ч. смоли.

В якості наповнювачів були використані наступні дисперсні метали: Ni – карбонільний нікель з розміром частинок 8-12 мкм, концентрація наповнювача в композиті 2-40 об.% ; Cu – електролітична дисперсна мідь з розміром частинок 90-120 мкм, концентрація Cu становить 10-25 об.%.

Для опису електропровідності досліджуваних матеріалів, використовуємо рівняння, що пропонує перколяційна теорія для композиту, матриця якого є діелектриком, а наповнювач – провідником[2]:

$$\sigma = \sigma_0(\varphi - \varphi_c)^t, \quad (1)$$

де  $\sigma_0$  – провідність наповнювача;  $\varphi$  – об'ємна концентрація наповнювача;  $\varphi_c$  – значення порогу перколяції;  $t$  – критичний індекс.



Проведені дослідження показали, що полімерні композити, наповнені дисперсними частинками міді та нікелю, демонструють перколяційний характер електропровідності.

Для композиту, наповненого частинками Cu поріг перколяції становить 9,9 об.%, а частинками Ni – 4,0 об.%. Значення електропровідності для ЕС-Cu (при 25 об.%) –  $2,29 \cdot 10^{-4}$  См/см, а для ЕС-Ni (при 35 об.%) –  $194,9 \cdot 10^{-4}$  См/см. Результати дослідження показують, що електропровідність композиту ЕС-Ni > ЕС-Cu, хоча електропровідність міді є вищою ніж у нікелю. Звідси можна зробити висновок, що частинки Cu вкриті оксидним шаром, що значно погіршує електропровідні характеристики композиту.

Для опису теплопровідності двофазного композиту застосовано модель Ліхтенекера:

$$\lambda = \lambda_p^{(1-\phi)} \lambda_f^{\phi}, \quad (2)$$

де  $\lambda_p$  – теплопровідність полімеру,  $\lambda_f$  – теплопровідність наповнювача.

Експериментальні значення теплопровідності композитів ЕС-Cu та ЕС-Ni, добре співвідносяться з розрахунковими значеннями відповідно до рівняння (2).. Використовуючи рівняння Ліхтенекера можна знайти  $\lambda_f$ , тобто такий підхід дозволяє кількісно визначити теплопровідність дисперсної провідної фази. Для композитів ЕС-Cu та ЕС-Ni теплопровідність дисперсної фази становить 35 Вт/мК та 13 Вт/мК, відповідно. Такі значення  $\lambda_f$  є значно нижчими, ніж теплопровідність цих металів у блочному вигляді (для міді  $\lambda_{Cu} = 400$  Вт/мК, а для нікелю  $\lambda_{Ni} = 90$  Вт/мК). Це пояснюється наявністю великого термічного опору на межі поділу частика/частинка та частинка/полімер, що погіршує поширення теплового потоку вздовж провідного кластеру, утвореного частинками металевго наповнювача, та обмежує значення теплопровідності в металонаповнених композитах [3]. Перенесення тепла в наповненому композиті здійснюється як через фазу матриці, так і через фазу наповнювача та при переході між цими фазами відбувається розсіяння фононів, що переносять тепловий потік.

Механічні дослідження композитів ЕС-Cu та ЕС-Ni проведено за допомогою методу динамічного механічного аналізу (ДМА). Вибір даного методу обумовлений тим, що він дозволяє визначити важливі механічні характеристики композиту, а саме: виміряти динамічний модуль зсуву  $G'$  і тангенс кута механічних втрат  $\tan \delta$  в широкому інтервалі температур, включаючи область переходу зі склоподібного стану у високоеластичний, де механічні втрати в матеріалі є значними.

Дослідження механічних характеристик показало, що введення дисперсного металічного наповнювача в полімерну матрицю композиту та подальше збільшення його концентрації призводить до зсуву температури піку механічних втрат  $\tan \delta$  та модулю механічних втрат  $G''$  в область більш високих температур. Частинки наповнювача, введені в полімерну матрицю, обмежують тепловий рух полімерних ланцюгів, що і призводить до зміщення вказаних піків. Також значення логарифму модуля пружності лінійно збільшується при зростанні концентрації частинок наповнювача. Це пов'язано зі збільшенням внеску модуля пружності частинок Ni та Cu в композитах. Зростання концентрації наповнювача в композитах призводить до зменшення інтенсивності піку  $\tan \delta$ , а також до його розширення. Це обумовлено «заміною» частини полімеру з високими механічними втратами на наповнювач, що майже не має механічних втрат. Розширення піку пов'язане зі збільшенням

неоднорідності в об'ємі композиту, що виникає з додаванням наповнювача. Тобто зростає кількість граничного шару, який дає значний внесок в неоднорідність системи.

За допомогою різних моделей, представлених в роботах [4,5] оцінено параметр взаємодії ( $B$ ) між матрицею та наповнювачем в досліджуваних композитах. При наявності взаємодії між фазами композиту можливе утворення іммобілізованого, тобто нерухомого шару полімеру навколо частинок наповнювача. Механічні властивості такого шару відрізняються від властивостей полімеру, який є матрицею для композиту. Наявність такої взаємодії між матрицею та наповнювачем призводить до збільшення ефективного об'єму наповнювача в композиті, що в свою чергу, відображається на значенні коефіцієнта втрат енергії. Розрахунки за моделями [4,5] дають можливість оцінити товщину іммобілізованого шару, утвореного навколо частинок наповнювача, значення якої для композиту ЕС-Сu становить 6,82 – 8,04 мкм, а для композиту ЕС-Ni 0,88 – 1,19 мкм.

### Література

1. Metal-Filled Polymers (Properties and Applications) / Ed. by S.K. Bhattacharya, CRC Press, New York, Basel (1986).
2. Mamunya Ye.P., Davydenko V.V., Pissis P., Lebedev E.V. Electrical and thermal conductivity of polymers filled with metal powders / Europ. Polym. J., 38 (2002) 1887–1897.
3. Мамуня Є.П., Левченко В.В., Паращенко І. М., Лебедев Є.В. Теплопровідність і електропровідність полімер-металевих композитів з 1D структурою наповнювача сформованою в магнітному полі / Полімерний журнал 38, (1) (2016) 3-17.
4. Boluk M. and Schreiber H. Interfacial interactions and the properties of filled polymers: I. Dynamic-mechanical responses / Polymer Comp., 7 (5) (1986) 295-301.
5. Iisaka K., Shibayama K., Mechanical  $\alpha$ -Dispersion and Interaction in Filled Polystyrene and Polymethylmethacrylate / J. of App. Pol. Sci., 22 (1978) 3135-3143.

#### **Місюра А. І. Електрофізичні та механічні характеристики металонаповнених полімерних композитів.**

**Анотація.** В роботі досліджено концентраційні залежності електропровідних, теплопровідних та механічних властивостей композитів ЕС-Сu та ЕС-Ni. Встановлено, що величина порогу перколяції залежить від типу дисперсного металу. Запропоновано метод визначення теплопровідності порошкових металів та порівняння зі значенням теплопровідності для блочних металів. Визначено умови поглинання механічної енергії композитом та знайдено параметри іммобілізованого полімерного шару, зв'язаного з поверхнею наповнювача.

**Ключові слова:** полімерні композити, електропровідність, поріг перколяції, теплопровідність, механічні втрати.

#### **Misiura A. Electrophysical and mechanical properties of metal filled polymer composites.**

**Abstract.** This work is devoted to the investigation of concentration dependence of electrical and thermal conductivity, and mechanical properties of ER-Cu and ER-Ni composites. It has been shown that the percolation threshold depends on the type of dispersed metal. A method for determination the thermal conductivity of metal powders, has been proposed and it was compared with the thermal conductivity of metal blocks. The conditions for absorption of mechanical energy in the composite and parameters of immobilized polymer layer were found.

**Key words:** polymer composites, electrical conductivity, percolation threshold, thermal conductivity, mechanical losses.

**Рахманкулов А.А.**  
кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры физики  
Каршинский инженерно-экономический институт  
Карши, Узбекистан  
*r.alikul.0406@mail.ru*

## **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАЛОЗОЛЬНОГО ГРАФИТА В ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДЕ НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ**

Результаты исследования влияния дисперсного графита марки ГМЗ на теплофизические свойства и структуру поливинилиденфторида представлены на рис.1-2. В качестве структурных параметров были выбраны степень кристалличности полимера  $x$  и средний размер кристаллитов. Степень кристалличности ПВДФ определялась рентгенографическим ( $x_p$ ), dilatометрическим ( $x_d$ ) и калориметрическим ( $x_k$ ) методами. Косвенная оценка структурных изменений в ПВДФ при изменении содержания наполнителей производилась путем определения удельной теплоемкости матрицы и ее плотности. Температура плавления  $T_{пл}$  полимера определялась по максимуму на кривой зависимости  $C_p = f(T)$  ПКМ на основе ПВДФ [1]. Зависимость  $\lambda$  от объемного содержания графита имеет две области, в которых полученные значения  $\lambda$  не могут быть объяснены только влиянием аддитивного вклада наполнителя. В области малых  $\varphi \leq 10\%$ , объемных содержаний наполнителя наблюдается значительный рост интенсивности теплопереноса, а при значениях  $\varphi$  свыше 25% возникают цепочные структуры [2], которые шунтируют полимер, вследствие чего происходит линейное увеличение как  $\lambda$ , так и  $\gamma$ . Совместное рассмотрение этих данных с результатами определения степени кристалличности рентгеноструктурными и dilatометрическими методами (рис.2) дает возможность предположить наличие влияния структурных изменений в ПВДФ на  $\lambda$ . Однако делать однозначные выводы о влиянии объемного содержания графита и структурных изменений в ПВДФ, на коэффициенты переноса в ПКМ на основании данных, представленных величин, не представлялось возможным. Для более полного анализа процесса взаимодействия полимер-наполнитель необходимо использование данных dilatометрического анализа (ДТА) и дифференциально сканирующего калориметрия (ДСК).

При объемном содержании графита около 2,5% степень кристалличности, определяемая dilatометрическими и рентгеновскими методами, имеет локальный максимум, при этом достигают максимальных значений и размеры кристаллитов (рис. 2). В пользу этого предположения свидетельствуют и локальные максимумы на зависимостях от  $\varphi$  энтальпии и температуры плавления, что по [3] соответствует формированию относительно мало дефектных кристаллитов увеличенных размеров. Об этом же свидетельствует относительно быстрое увеличение модуля Юнга (рис.1).

С уменьшением расстояний между частицами наполнителя рост кристаллитов затрудняется вследствие стерических ограничений, поэтому размеры их несколько уменьшаются и, в дальнейшем, стабилизируются.

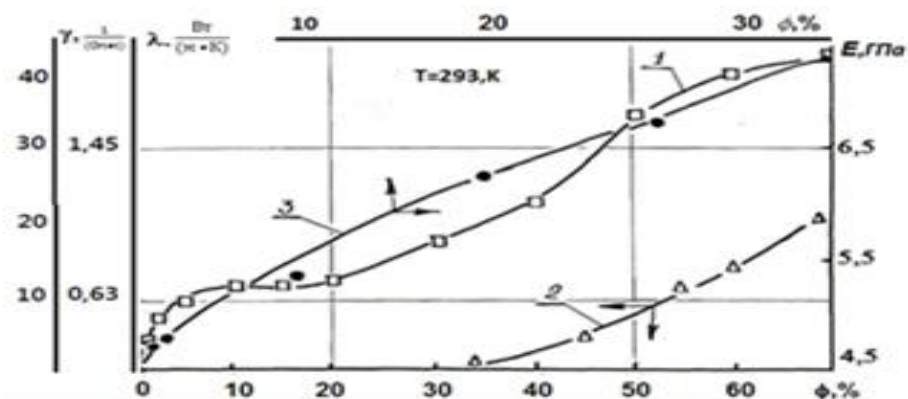


Рис.1. Зависимости от содержания графита в ПВДФ: 1-теплопроводности  $\lambda$ ; 2-электропроводности  $\gamma$ ; 3-модуля Юнга  $E$ .

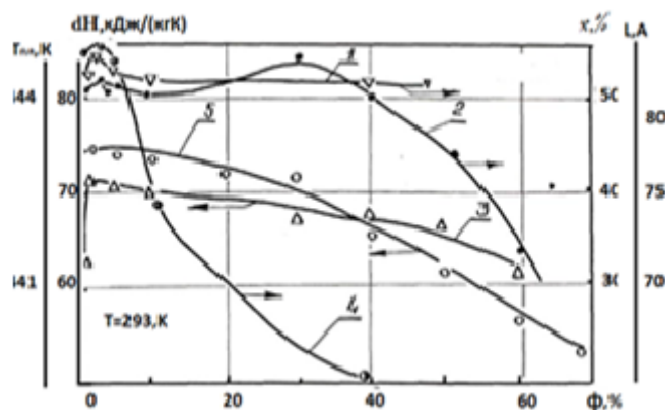


Рис.2. Зависимость от содержания графита в ПВДФ: 1 -  $\chi_p$ ; 2 -  $\chi_d$ ; 3 - энтальпия плавления  $dH_m$ ; 4 - размеры кристаллитов  $L$ ; 5 - температура.

Свойства полимера, находящегося в граничных слоях из-за относительно малого его объема при  $\varphi \leq 10\%$  почти не проявляются на зависимостях (ТФС) от  $\varphi$ , но на зависимостях  $C_p^m = f(\varphi)$  (рис.3) проявляется тенденция к «сглаживанию» переходов при увеличении  $\varphi$ , что можно объяснить возрастанием упорядоченности в кристаллической части и влиянием твердой поверхности частиц наполнителя, проявляющихся в затруднении молекулярной подвижности [4].

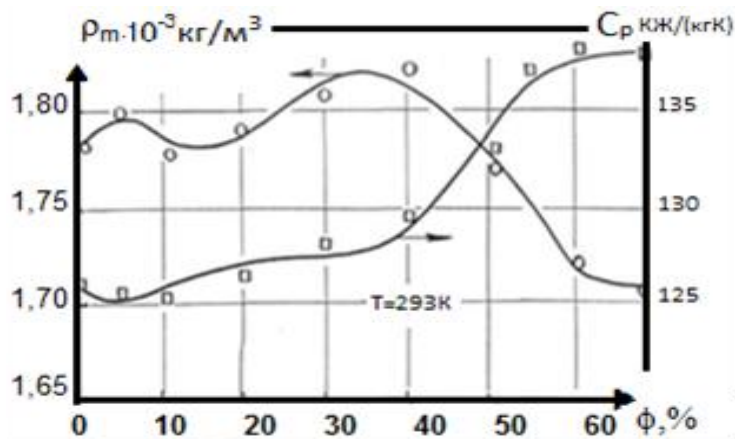


Рис.3. Влияние содержания графита в ПВДФ на его плотность удельную теплоемкость

При увеличении  $\varphi$  до 25%, несмотря на ограничения возможных размеров кристаллитов, повышается дилатометрическая степень кристалличности, но дефектность образующихся кристаллитов настолько велика, что рентгеноструктурные данные не фиксируют ее увеличения в сравнении со значениями, соответствующими  $\varphi = 2,5\%$ . Предположение о возможном уменьшении размеров кристаллитов вследствие ограничений стерического характера, подтверждается при  $\varphi = 25\%$  (рис.2).

При объемных содержаниях наполнителя свыше 25% структурирование последнего сопровождается вытеснением полимера в области контакта частиц графита. При этом уменьшается суммарная площадь поверхности наполнителя, взаимодействующей с полимером, что приводит к уменьшению его влияния на структурообразование в полимерной матрице.

Если ПКМ до начала структурирования наполнителя можно представить в виде матричной гетерогенной системы [5], то после возникновения прямых контактов наполнитель-наполнитель более пригодной является модель со взаимно-проникающими компонентами [6]. Ограничение числа возможных конформаций макромолекул вблизи твердых поверхностей [7,8] ведет при дальнейшем увеличении относительного объема граничного слоя к разрыхлению упаковки последних, что сопровождается не только аморфизацией связующего, но и дальнейшим увеличением дефектности кристаллитов.

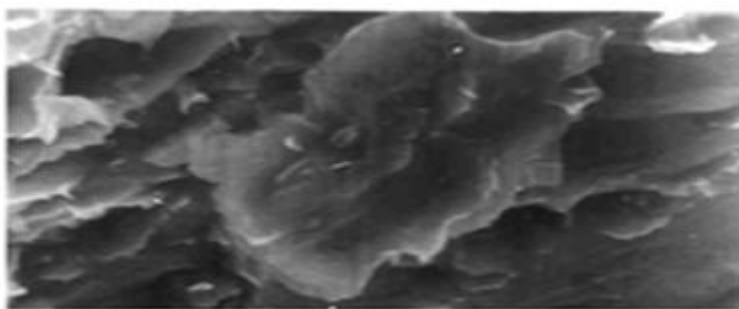


Рис.4. Частица наполнителя в ПКМ состава ПВДФ+1% ГМЗ

При анализе влияния ГМЗ на теплопроводность ПКМ необходимо принимать во внимание и дополнительное тепловое сопротивление, которое возникает на границе раздела полимер-наполнитель вследствие взаимодействия полимера не со всей поверхностью наполнителя, а с отдельными активными центрами его поверхности (рис.4,5). Уменьшение  $T_{пл}$ , расхождение между  $x_d$  и  $x_p$  (рис.2), замедление скорости возрастания значений  $x$  в зависимости от  $\varphi$  при  $\varphi \leq 50\%$  (рис.1), несмотря на значительный аддитивный вклад теплопроводности наполнителя в теплопроводность ПКМ, подтверждают необходимость учета структурных изменений в полимере даже при значительных содержаниях наполнителя.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Рахманкулов А.А. Влияние дисперсных наполнителей на структуру и теплопроводность немодифицированного и модифицированного поливинилиденфторида: Дис. ...канд.физ.-мат.наук. – Киев: 1986. – 205 с.
2. В.М.Барановский, А.А.Рахманкулов, А.В.Черенков, Х.Д.Христов. Теплофизические свойства композиций на основе пенталлпласта с электропроводящими наполнителями. – Пром. Теплотехника, 1983, 5, №6, – С.71-75.
3. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры. – Киев: Наук.думка, 1980. – 264 с.
4. В.М.Барановский, А.А.Рахманкулов и др. Влияние содержания углеродных наполнителей на теплофизические свойства и структуру фторосодержащих полимеров. – Пластмассы, 1993 г. – №5 – С. 55-58.

5. А.А.Рахманкулов, В.В.Лапинский. Зависимость температуры стеклования поливинилиденфторида от концентрации дисперсных наполнителей. Современные достижения в науке и образовании. / Сборник трудов 9 Международной научной конференции. Израиль. 22-29.2014.

6. Дульнев Г.Н. Коэффициенты переноса в неоднородных средах. Учебное пособие. Л.: Изд-во ЛИТМО. 1979. – 63 с.

7. Фабуляк Ф.Г. Молекулярная подвижность полимеров в поверхностных слоях. – Киев: Наук.думка. 1983. – 144 с.

8. А.А.Рахмонкулов, Ф.Давлатов Влияние дисперсных наполнителей на температуру текучести поливинилиденфторида. Кимёвий технология назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал, №5, 2015

### **Рахманкулов А.А. Влияние содержания малозольного графита в поливинилиденфториде на его структурные параметры и теплопроводность**

**Аннотация.** Выявлено, что на границе раздела полимер-наполнитель вследствие взаимодействия полимера с отдельными активными поверхностными центрами наполнителя возникает дополнительное тепловое сопротивление. Это подтверждается уменьшением  $T_{пл}$ , расхождением между  $x_d$  и  $x_p$ , замедлением скорости возрастания значений  $x$  в зависимости от  $\varphi$  при  $\varphi \leq 50\%$ .

Несмотря на значительный аддитивный вклад теплопроводности наполнителя в теплопроводность ПКМ, проведенные исследования подтверждают необходимость учета структурных изменений в полимере даже при значительных содержаниях наполнителя.

**Ключевые слова:** малозольный графит; поливинилиденфторид; граница раздела полимер-наполнителя; активный центр наполнителя; тепловое сопротивление; температура плавления; степень кристалличности; объёмная доля наполнителя; полимерный композиционный материал.

### **Рахманкулов А.А. Вплив вмісту малозольного графіту у полівініліденфториді на його структурні параметри і теплопровідність**

**Анотація.** Виявлено, що на границі розділу полімер-наповнювач внаслідок взаємодії полімеру з окремими активними поверхнвими центрами наповнювача виникає додатковий тепловий опір. Це підтверджується зменшенням  $T_{пл}$ , розбіжністю між  $x_d$  і  $x_p$ , уповільненням швидкості зростання значень  $x$  залежно від  $\varphi$  при  $\varphi \leq 50\%$ .

Незважаючи на значний адитивний внесок теплопровідності наповнювача в теплопровідність ПКМ, проведені дослідження підтверджують необхідність урахування структурних змін в полімері навіть при значному вмісті наповнювача.

**Ключові слова:** малозольний графіт; полівініліденфторид; межа розділу полімер-наповнювач; активний центр наповнювача; тепловий опір; температура плавлення; ступінь кристалічності; об'ємна частка наповнювача; полімерний композиційний матеріал.

### **Rakhmankulov A.A. Influence of graphite content in the polyvinylidene malozolnoho on its structural parameters and thermal conductivity**

**Abstract.** Finds that at the interface the polymer filler due to the interaction of the polymer with the filler surface separate active centers there is an additional thermal resistance. This is confirmed by the decrease  $T_{pl}$ , the discrepancy between  $x_d$  and  $x_p$ , slowing the rate of increase of  $x$  values depending on  $\varphi$  when  $\varphi \leq 50\%$ .

Despite significant additive contribution of thermal conductivity the thermal conductivity of the filler in polymer composite materials, confirm the necessity of taking into account structural changes in the polymer even at high content of filler.

**Key words:** low-ash graphite; polyvinylidene fluoride; interface polymer filler; active filler center; thermal resistance; melting temperature; degree of crystallinity; volume fraction of filler; polymeric composite material.

**Рахманкулов А.А.**

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры физики  
Каршинский инженерно-экономический институт  
Карши, Узбекистан  
*r.alikul.0406@mail.ru*

**Барановский В.М.**

кандидат физико-математических наук, профессор  
Национальный педагогический университет  
имени М.П. Драгоманова  
Киев, Украина

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ БРОНЗЫ В ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДЕ НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Поливинилиденфторид (ПВДФ) обладая хорошими механическими, в том числе антифрикционными, свойствами имеет достаточно низкую теплопроводность и высокий термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР). Это затрудняет его использование в качестве конструкционного материала для узлов трения. Улучшить теплофизические показатели материала на основе ПВДФ можно путем введения в него теплопроводящего наполнителя, не ухудшающего его антифрикционные свойства.

Одним с таких наполнителей является бронзовый порошок, введение которого в ПВДФ приводит к повышению теплопроводности материала [1]

Нами проводилось комплексное исследование влияния бронзового порошка на структуру и теплопроводность ПВДФ (рис.1-б).

На основании полученных экспериментальных значений удельной теплоемкости при постоянном объеме ( $C_p$ ) и плотности ( $\rho$ ) композиций, исходя из аддитивности теплоемкости, массы и объема компонентов, нами были рассчитаны ( $C_p^M$ ) и плотность полимерной матрицы ( $\rho_M$ ) (рис.1).

Известно [2], что основное влияние на размеры кристаллитов в области малых концентраций наполнителей оказывают термодинамические факторы. Косвенной характеристикой состояния кристаллической структуры полимера является его температура плавления  $T_{пл}$ , по изменениям которой можно сделать некоторые выводы об изменениях продольных размеров кристаллитов ( $L$ ) [3,4].

Нами установлено, что введение сравнительно небольших концентраций бронзы  $\varphi \leq 2,1\%$  приводит к увеличению  $T_{пл}$  ПВДФ (рис.3), что, согласно [3,4], обусловлено ростом продольных размеров кристаллитов (рис.2). Увеличение же последних, по-видимому, вызвано тем, что кристаллизация в присутствии твердой поверхности бронзы начинается при более высокой температуре. Поэтому при одной и той же скорости охлаждения расплава время

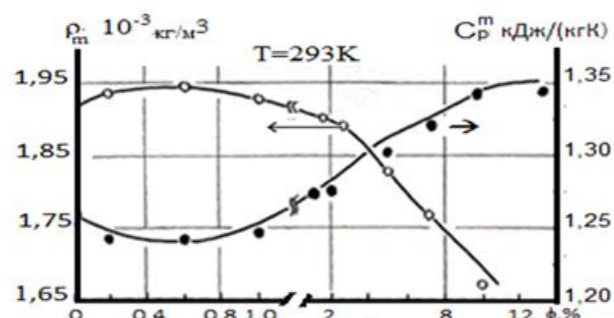


Рис.1. Зависимость удельной теплоёмкости и плотности полимерного компонента в ПКМ состава ПВДФ+Бр от содержания наполнителя.

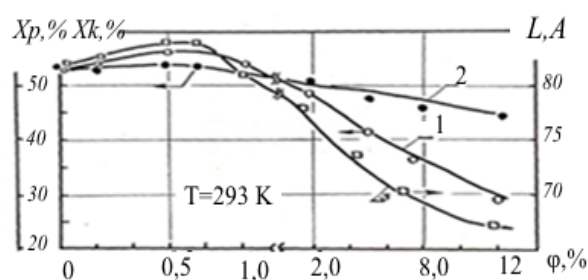


Рис.2. Влияние содержания бронзового порошка в ПВДФ на: степень кристалличности (1- $\chi_p$ , % 2- $\chi_k$ ); продольный размер кристаллитов (3-L).

неизотермической кристаллизации в наполненном ПВДФ больше, чем ненаполненном, и кристаллиты успевают, соответственно, вырасти до больших размеров. По мере возрастания содержания наполнителя увеличивается влияние кинетического фактора, что является причиной понижения температуры  $T_{пл}$  в исследуемом ПКМ с большим содержанием наполнителя.

Введение в ПВДФ небольшого количества частиц бронзы  $\varphi = 2,1\%$  приводит к уменьшению плотности полимерного связующего (рис.3). Дальнейшее увеличение концентрации наполнителя приводит к значительному уменьшению  $\rho_M$  полимерной матрицы. Наблюдаемые изменения удельной теплоемкости полимера-матрицы коррелируют с изменением ее плотности. Аналогичные результаты получены в случае наполнения металлическими порошками других полимеров [4].

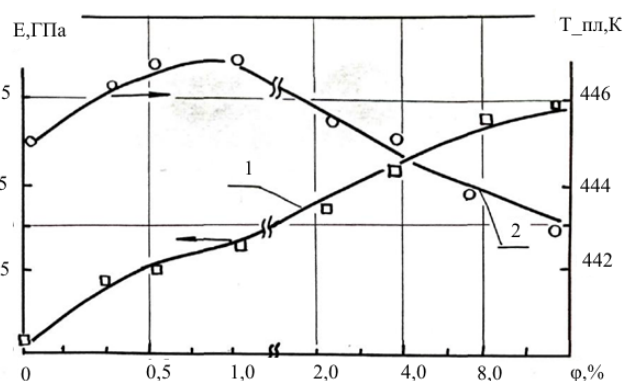


Рис.3. Зависимость от содержания порошка бронзы в ПВДФ: 1 - модуля упругости ПКМ; 2 - температуры плавления ПВДФ.

На процесс кристаллизации полимеров в широком диапазоне изменений концентрации наполнителей оказывают влияние два основных фактора: взаимодействие с наполнителем и присутствие наполнителя в полимере, что приводит к изменению его вязкости. Влияние указанных факторов зависит как от природы поверхности наполнителя, так и от его содержания в полимере. С увеличением содержания наполнителя преобладает влияние возросшей вязкости полимера, что препятствует развитию процесса кристаллизации.

Поэтому  $\rho_M$  в высоконаполненных образцах ПВДФ уменьшается до значений, характерных для аморфного состояния. Наряду с этим причиной уменьшения  $\rho_M$  высоконаполненного ПВДФ является возросшая макродефектность образцов. Эти причины и обуславливают вид концентрационных зависимостей  $C_P^M = f(\varphi)$  и  $\rho_M = f(\varphi)$ .

Поскольку дисперсность бронзы незначительно отличается от дисперсности графита, но эти наполнители имеют различную природу, уместным будет сравнение характера изменения  $\rho_M$  и  $C_P^M$ , а также иных ТФХ для ПКМ с одним и другим наполнителями.

Различный характер изменения  $\rho_M$  и  $C_P^M$  в присутствии частиц бронзы и графита, а также смещение на концентрационных зависимостях экстремальных значений  $\rho_M$  и  $C_P^M$  ПВДФ, наполненного графитом, в область меньших концентраций обусловлены как различием термодинамической активности указанных наполнителей, так и более высокой дисперсностью графита.

Различное влияние графита и бронзы на структуру ПВДФ также является причиной наблюдаемых изменений теплопроводности наполненного ПВДФ. Теплопроводность бронзы значительно больше чем ПВДФ, однако, несмотря на вклад наполнителя, рост наполненного ПВДФ в области малых содержаний бронзы выражен очень слабо, что обусловлено влиянием убыли  $\rho_M$ . Увеличение же значений

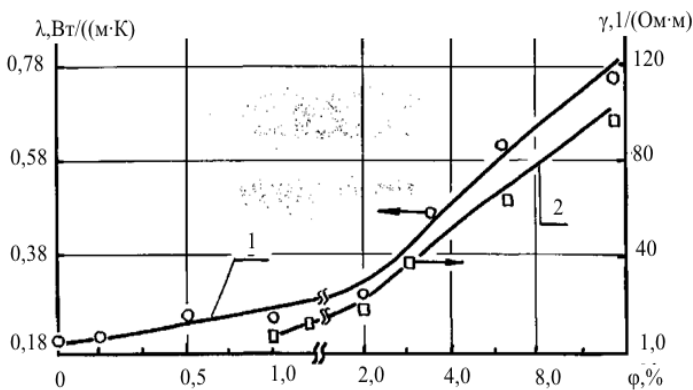


Рис. 4. Зависимость от содержания порошка бронзы в ПВДФ: 1 - теплопроводности ПКМ; 2 - электропроводности ПКМ.



ПВДФ, в результате введения малых количеств графита, приводит к более значительному увеличению теплопроводности ПКМ. Следует также отметить, что несмотря на более высокую теплопроводность бронзы, концентрационная зависимость  $\lambda = f(\varphi)$  ПКМ состава ПВДФ+Бр. во всей исследуемой области содержания расположена ниже, чем в случае наполнения графитом (рис.4). Причина этого заключена в разном влиянии указанных наполнителей на плотность полимерного связующего. Макродефектность структуры полимерной матрицы в случае введения графита значительно меньше, чем при наполнении ПВДФ бронзой, что уменьшает рассеяние фононов на дефектах структуры полимера и способствует увеличению теплопроводности композиций на основе ПВДФ и графита.

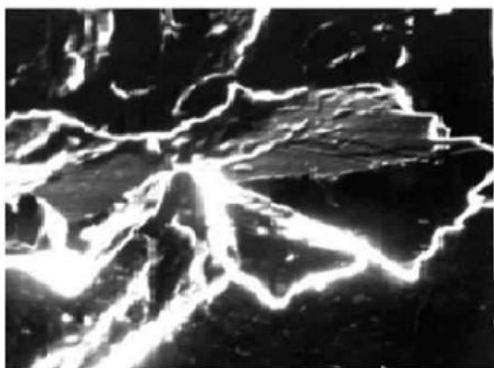


Рис. 5. Сферолитная структура ненаполненного ПВДФ.

Таким образом, изменение теплопроводности ПКМ в области сравнительно небольших содержаний наполнителей обусловлены, главным образом, изменениями структуры полимера. Количественной характеристикой таких структурных превращений является изменение степени кристалличности и средних размеров кристаллитов ПВДФ в композициях обоих составов, а также модуля Юнга и температуры плавления.

Увеличение высоконапряженных композиций по мере дальнейшего роста содержания наполнителей, обусловлено доминирующим влиянием собственного вклада наполнителей. Последнее утверждение также подтверждается результатами исследования удельной объемной электропроводности наполненного ПВДФ.

Изучение процессов теплопереноса в ПКМ показало, что влияние на них более теплопроводной бронзы в композиции меньше, чем в случае наполнения их графитом. Причина такого несоответствия между тепло- и электропроводящими свойствами наполненного ПВДФ состоит в разном соотношении между тепло- и электропроводностью бронзы и графита. Теплопроводность бронзы больше, чем графита в несколько раз, а электропроводность - на несколько десятичных порядков. Поэтому собственный вклад бронзы в электропроводящие свойства композиций проявляется в гораздо большей мере, чем ее вклад в процессы теплопереноса.

По мере увеличения содержания электропроводных наполнителей в процессе переноса тепла в композициях возрастает роль электронной составляющей теплопроводности [5], хотя участие свободных электронов возможно и при небольших толщинах полимера [4], находящегося между двумя частицами наполнителя. Т.е. в этом случае между частицами наполнителя осуществляется контакт типа наполнитель-полимер.

Качественным подтверждением тому является увеличение удельной электрической проводимости  $\gamma$  уже в области сравнительно небольших содержаний наполнителя, о чем свидетельствует вид зависимости  $\gamma = f(\varphi)$ .

Образование квазиметаллической композиционной полимерной системы обусловлено появлением непосредственно контактирующих или разделенных тонким диэлектрическим слоем частиц. Если частицы наполнителя контактируют между собой, то наряду с

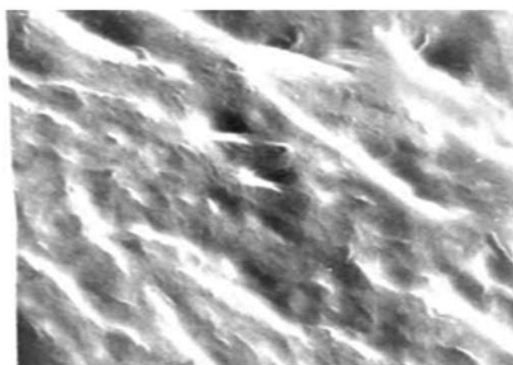


Рис. 6. Надмолекулярная структура ПВДФ, содержащего 3% Бр.

активированной проводимостью, осуществляется квазиметаллическая проводимость через "мостики" между частицами. С увеличением содержания наполнителя толщина диэлектрических прослоек между частицами уменьшается, что приводит к значительному увеличению проводимости системы благодаря вкладу электронной составляющей [4]. При значительных содержаниях электропроводности наполнителя теплопроводность ПКМ может еще больше увеличиваться за счет образования между частицами наполнителя контакта типа наполнитель-наполнитель, о чем свидетельствует изменение температуры текучести.

Таким образом, совместный анализ влияния дисперсных наполнителей различной природы (графит, бронза), которые незначительно отличаются по дисперсности, показывает, что по влиянию на структуру и теплоперенос в ПКМ на основе ПВДФ это свойство наполнителя является одним из определяющих.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Рахманкулов А.А. Влияние дисперсных наполнителей на структуру и теплопроводность немодифицированного и модифицированного поливинилиденфторида: Дис. ...канд. физ.-мат. наук. – Киев: 1986. – 205 с.
2. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Химия, 1977. – 304 с.
3. Барановский В.М., Феклина Л.И., Рахманкулов А.А., Христов Х.Д. Влияние структурных изменений в наполненном поливинилиденфториде на его тепло- и электрофизические свойства. – Пром.теплотехника, 1986 – Т.8. – № I. – С.73-77.
4. А.А. Рахманкулов, В.В. Лапинский. Зависимость температуры стеклования поливинилиденфторида от концентрации дисперсных наполнителей // Современные достижения в науке и образовании. Сборник трудов 9-й Международной научной конференции. – Израиль, 2014. – С. 22-29.
5. Барановский В.М., Лапинский В.В., Рахманкулов А.А., Феклина Л.И. Теплофизические свойства фторсодержащих полимеров для антикоррозионных покрытий / В сб.: Вопросы антикоррозионных покрытий. – Кишинев. Изд. 1984.
6. А.А. Рахманкулов. О механизме теплопереноса в композиционных материалах на основе поливинилиденфторида и электропроводящих наполнителей / «Развитие науки и технологий» Научно-технический журнал – №4. – 2015.

#### **Рахманкулов А.А. Барановский В.М. Влияние концентрации частиц бронзы в поливинилиденфториде на его структурные параметры и теплопроводность**

**Аннотация.** Экспериментально установлено, что введение сравнительно небольших концентраций бронзы приводит к увеличению ПВДФ, что обусловлено ростом продольных размеров кристаллитов. Изменение теплопроводности ПКМ в области сравнительно небольших содержаний наполнителей обусловлены, главным образом, изменениями структуры полимера.

Совместный анализ влияния дисперсных наполнителей различной природы (графит, бронза), которые незначительно отличаются от дисперсности, показывает, что по влиянию на структуру и теплоперенос в ПКМ на основе ПВДФ это свойство наполнителя является одним из определяющих.

**Ключевые слова:** поливинилиденфторид; теплопроводность; электропроводность; термический коэффициент линейного расширения; температура плавления; температуры текучести; продольный размер кристаллитов; степен кристалличности; полимерный композиционный материал.

#### **Rakhmankulov A.A., Baranovskiy V.M. Influence of the concentration of bronze particle in polyvinylidene fluoride on its structural parameters and thermal conductivity**

**Abstract.** Experimentally it is established that the introduction of relatively small concentrations of bronze  $\varphi \leq 2.1$  percent leads to an increase in  $T_{PL}$  PVDF, due to the growth of the longitudinal size of the crystallites.

The change of thermal conductivity of PCM in the region of a relatively small content of the fillers is caused mainly by changes in the structure of the polymer.

Joint analysis of the effect of dispersed fillers of different nature (graphite, bronze), which differ slightly from the dispersion, shows that the impact on the structure and heat transfer in polymer composite materials based on PVDF is a property of the filler is one of the defining.

**Key words:** polyvinylidene fluoride; conductivity; electrical conductivity; thermal expansion coefficient; melting point; pour point; the longitudinal size of the crystallites; degrees of crystallinity; a polymer composite material.

**Рево С.Л.**

доктор фізико-математичних наук, професор

**Мельниченко М.М.**

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

Київ, Україна

**Hamamda S.**

доктор фізики, професор

University of Frères Mentouri Constantine

Constantine, Algeria

**Іваненко К.О.**

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

Київ, Україна

**Jari A.**

аспірант

University of Frères Mentouri Constantine

Constantine, Algeria

**Королік А.**

студент 4 курсу фізичного факультету

**Куряга М.**

студент 4 курсу фізичного факультету

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

Київ, Україна

*s\_revo@outlook.com*

## **СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ КОМПОЗИЦІЙ, ОДЕРЖАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПОРОШКІВ ЗАЛІЗА, МІДІ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК**

Композиційні матеріали являють собою багатокомпонентні матеріали, що складаються, як правило з пластичної основи (матриці), армованої наповнювачами, котрі мають високу міцність, жорсткість, тощо. Сукупність різнорідних речовин призводить до створення нового матеріалу, властивості якого якісно і кількісно відрізняються від властивостей кожної його складової. Шляхом варіювання складу матриці і наповнювача, їх співвідношення, орієнтації наповнювача, одержують широкий спектр матеріалів з необхідним набором властивостей. На сьогоднішній день розроблено низку методів їх одержання, особливе місце належить первинній механічній обробці порошків компонентів у високоенергетичних кульових млинах. Це унікальна методика синтезу нових матеріалів, які неможливо одержати ніяким іншим способом. Механо-хімічна активація сумішей різноманітних матеріалів, зокрема, металів дозволяє одержати композиції, які не утворюються при використанні інших технологій. Так, практично нерозчинні в рівноважних умовах компоненти, такі, наприклад, як залізо та срібло, залізо та мідь тощо, після обробки в високоенергетичних планетарних млинах можуть практично повністю розчинитися один в іншому [1,2].

У цій роботі представлені результати досліджень мікроструктури та мікротвердості наноконпозиційного матеріалу (НКМ), компонентами якого були порошки заліза, марки

ПЖРЗ або карбонільного заліза, міді марки ПМ-1 та багатостінних вуглецевих нанотрубок (БВНТ), які одержували CVD-методом у реакторі, що обертається [3] (рис.1). Середній діаметр використаних БВНТ – 10-20 нм, питома площа їх поверхні – 200-400 м<sup>2</sup>/г, а насипна густина від 20 до 40 г/дм<sup>3</sup>.

Порошки компонентів обробляли в планетарному млині марки АІР-0.015. Морфологію частинок аналізували на приладах JAMP-9500F та AURA100. На приладі «Мікрон-гамма» визначали залежності мікротвердості спечених та прокатаних з оброблених протягом часу до 120 хв порошоків матеріалів від прикладених до індентора навантажень.

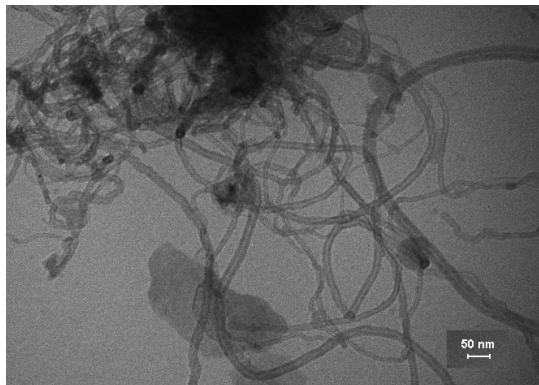


Рис.1. Зображення БВНТ отримане методом трансмісійної електронної мікроскопії (ПЕМ-125К).

На рис.2а,б можна бачити мікроструктуру частинок вихідного та обробленого на протязі 60 хв в планетарному млині заліза марки ПЖРЗ. Середній розмір вихідних частинок становить 150-200 мкм, а після обробки протягом 60 хв їх розмір зменшується майже вдвічі. Розмір поперечного перерізу частинок карбонільного заліза вже у вихідному стані не перевищує 0,5-5 мкм (рис.2.в). Форма зерен карбонільного заліза, як можна бачити з рисунку, кулькоподібна, без гострих виступів.

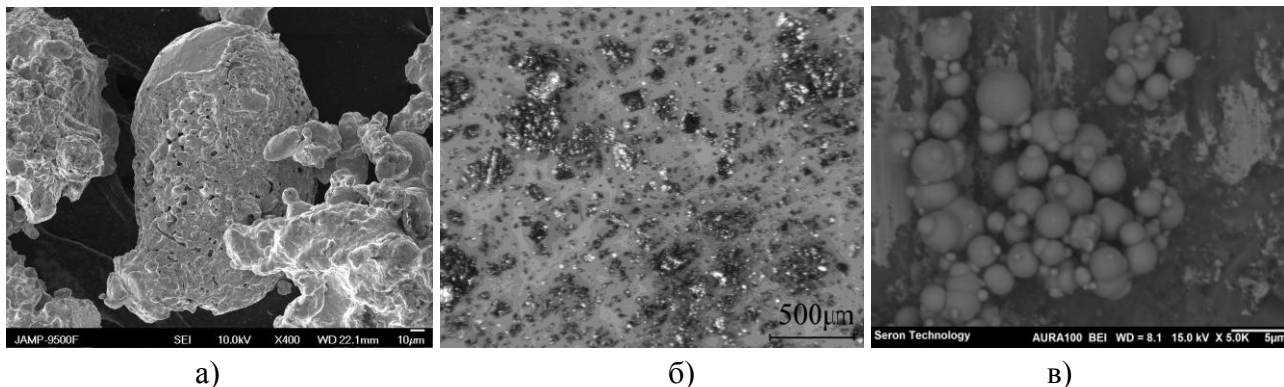
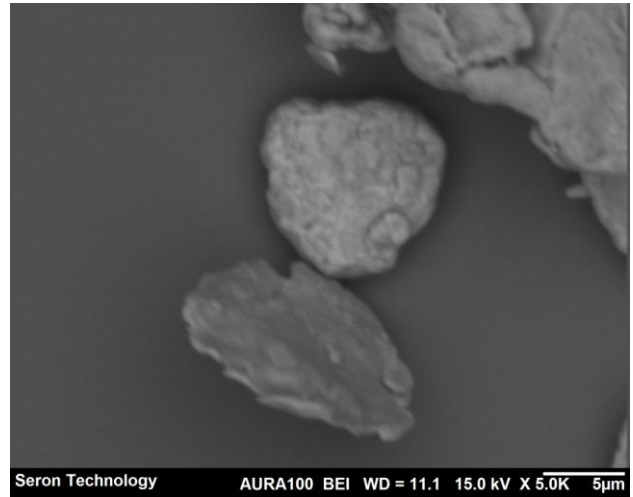
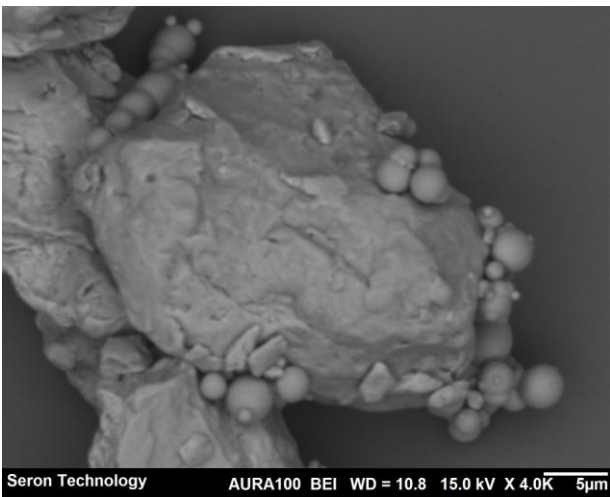


Рис. 2. Зображення зовнішнього вигляду частинок: вихідного залізного порошку ПЖРЗ (а), обробленого на протязі 60 хв в планетарному млині (б) та порошку вихідного карбонільного заліза (в)

Характерним є те, що при збільшенні часу обробки ( $\tau$ ) в млині для заліза марки ПЖРЗ – при  $\tau > 120$  хв, а для карбонільного – при  $\tau > 60$  хв, відбувається агломерація частинок, утворення їх скупчень, причому наявність в прекурсорах нанотрубок гальмує процеси агломерації. Крім того, БВНТ змінюють морфологію частинок Fe та Cu, оброблених в планетарному млині протягом 60 хв і, зокрема, кулькоподібні частинки, притаманні карбонільному залізу в композиції Fe-Cu (4/1) (рис.3а), в цій же композиції з додаванням 1 об.% БВНТ після обробки протягом 60 хв зникають (рис.3б).

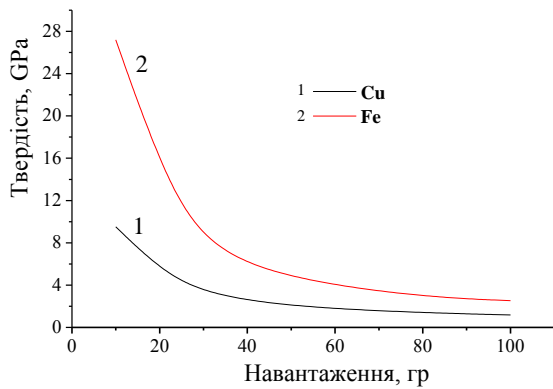


а)

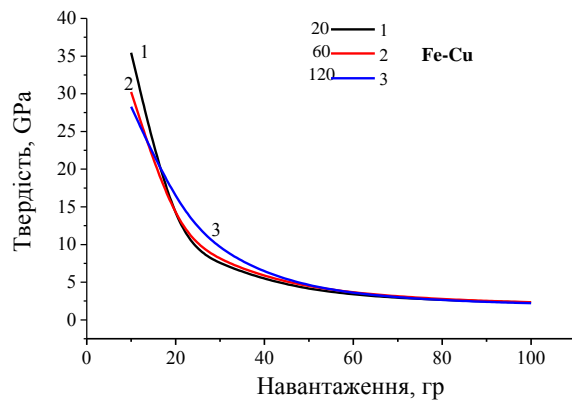
б)

Рис. 3. Зображення нанопорошків системи Fe-Cu (4/1) (а) та Fe-Cu (4/1) + 1 об.% БВНТ (б)

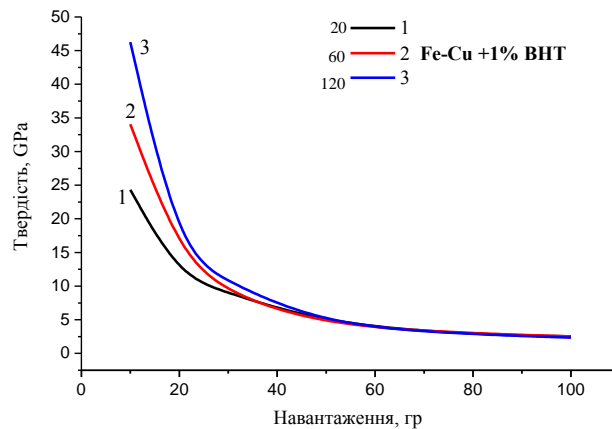
Для подальших досліджень одержані після обробки в планетарному млині порошки компактували у прес-формі під тиском 30 ГПа. Спресовані прекурсори відпалювали в середовищі аргону при температурі  $T = 950$  °С протягом 30 хв, а потім прокатували, чергуючи з відпалом, щоб досягти максимального обтиснення зразків до 95%.



а)



б)



в)

Рис. 4. Залежності мікротвердості від навантаження, яке прикладається, для вихідних зразків міді та заліза (а), для зразків системи Fe-Cu (4/1) при часі обробки 20 хв., 60 хв та 120 хв (б) і для зразків системи Fe-Cu (4/1)+1%БВНТ при часі обробки у планетарному млині 20 хв, 60 хв та 120 хв (в)

Результати вимірювання мікротвердості для зразків заліза, міді (рис.4а) та наноккомоційного матеріалу (НКМ) залізо-мідь (4/1) (рис.4б) та залізо-мідь (4/1)+1% БВНТ (рис.4в) наведені на рис. 4. Нижче також приведена діаграма значень модуля Юнга для зазначених зразків (рис.5). Суттєвої різниці між характеристика міцності для зразків із звичайним та карбонільним залізом встановлено не було. Наявність БВНТ у вибраній композиції також підвищує досліджені параметри не більше ніж на 10%. Характерно, що й час обробки у планетарному млині суттєво не впливає на величину твердості (рис.4а). В той же час границя міцності при розтягуванні досягає свого максимуму після обробки досліджуваної композиції протягом 60 хв [1,2].

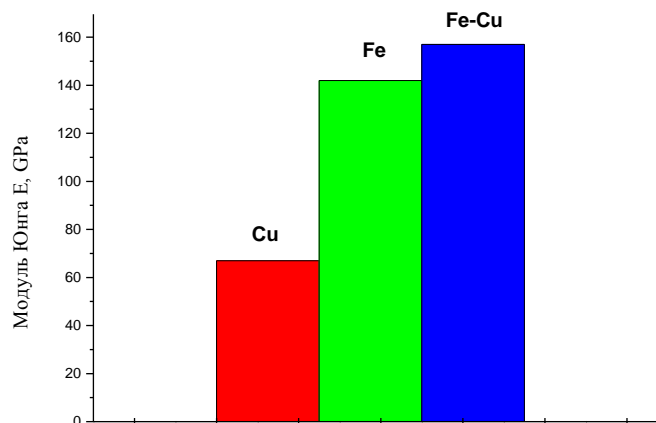


Рис.5. Модуль Юнга при навантаженні на індентор 20 грам для вихідних зразків міді, заліза та системи Fe-Cu (4:1) при часі обробки в планетарному млині 60 хв

### Література

- 1 Boshko. O.I. Dashevskiy, M.M. Ivanenko, K.O., Revo S.L., Nanocomposites of Copper-Titanium-Multiwall Carbon Nanotubes // *Металлофизика и новейшие технологии.*- 2015.-Т.37 .-№7 .-С.921-931.
2. Boshko O, Dashevskiy M, Mykhaliuk O, Ivanenko K, Hamamda S., Revo S. Structure and Strength of Iron-Copper-Carbon Nanotube Nanocomposites // *Nanoscale Res Lett.* 2016. Vol. 11: 78. DOI:10.1186/s11671-016-1298-8.
3. Нанотрубки вуглецеві : ТУ У 24.1-03291669-009:2009. № 02568182/095617 від 01.09.2009. Автори: Ю. І. Семенцов, О. В. Мележик. [http://nabivka.com/ru/nanouglerodnie\\_materiali.html](http://nabivka.com/ru/nanouglerodnie_materiali.html)

**Рево С.Л., Мельниченко М.М., HamamdaS., Іваненко К.О., JariA., Королік А., Курята М. Структурні особливості та мікротвердість композицій, одержаних з використанням механохімічної активації порошків заліза, міді та вуглецевих нанотрубок**

У роботі розглянуто особливості використання механічної активації порошків міді, заліза різної дисперсії та вуглецевих нанотрубок. З'ясовано вплив такої активації на структуру та мікротвердість наноккомоційних матеріалів, виготовлених із зазначених порошків.

**Ключові слова:** залізо, мідь, вуглецеві нанотрубки, механо-хімічна активація, наноккомоційні матеріали

**RevoS.L., MelnichenkoM.M., HamamdaS., IvanenkoK.O., JariA., KorolikA., KyruataM. Structural peculiarities and microhardness of composites made from iron, copper and carbon nanotubes powders activated by mechanical treatment.**

Peculiarities of copper powders, various dispersion iron powders and carbon nanotubes activation by means of mechanical gridding were studied. Effect of activation on the structure and microhardness of the nanocomposite materials made from mentioned powder components was found and discussed.

**Key words:** iron, copper, carbon nanotubes, mechanochemical activation, nanocomposite

**Січкач Т.Г.**

кандидат фізико-математичних наук,  
професор кафедри загальної та прикладної фізики

**Троць В.І.**

аспірант кафедри загальної та прикладної фізики  
Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова  
Київ, Україна

**Шморгун А.В.**

кадидат фізико-математичних наук, доцент  
декан фізико-математичного факультету  
Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка  
Чернігів, Україна  
*tsichkar@ukr.net*

## ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОПРОМІНЕНОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОМ ПОЛЕПОКСИДА

Полімерні композитні матеріали (ПКМ) на основі епоксидних матриць широко використовують для захисту технологічного устаткування від корозії та спрацювання у харчовій, хімічній, нафтопереробній галузях промисловості та у машинобудуванні. Широкий спектр використання ПКМ зумовлений їх високими теплофізичними і фізико-механічними властивостями [1], що забезпечує застосування композитів в умовах дії агресивних чинників, зокрема сонячної радіації. Важливою складовою цього випромінювання є ультрафіолетове (УФ) проміння. Метою дослідження є оцінка впливу УФ променів на фізичні властивості епоксидного полімеру.

В роботі для дослідження було обрано епоксидну діанову смолу ЕД-20, яка характеризується оптимальним поєднанням фізико-механічних властивостей, зокрема – високою адгезійною міцністю та стійкістю до агресивних середовищ та теплових змін. У якості твердника використовували поліетиленполіамін (ПЕПА). Вибір даного твердника обумовлений тим, що він дозволяє формувати матеріали при кімнатних температурах [2]. Пошуковим експериментом було підібрано оптимальну кількість отверджувача для даної композиції – 10 мас. част. ПЕПА на 100 мас. част. ЕД-20.

Ультрафіолетову активацію композицій проводили на ультрафіолетовому опромінювачі з використанням ртутно-кварцової лампи ДРТ-1000. Лампи даного типу володіють високою світловою віддачею, поліпшеною передачею кольору, порівняно невеликими розмірами й великою одиничною потужністю.

Опромінення серій зразків УФ-променями проводилось протягом 10, 30 та 50 годин. Для рівномірного опромінення зразки перевертали кожні 5 годин. Для виокремлення дії тепла та УФО зразки було розділено на дві серії, одна з яких була екранована металеву фольгою.

Дослідження мікротвердості проводили за допомогою приладу ПМТ-3 за стандартною методикою. Для оцінки структурних змін, що відбулися в дослідних зразках використовували залежність питомої теплоємності від температури, яку отримували за допомогою динамічного калориметра. Даний метод найбільш доцільний для оцінки структурних змін, які відбулися в епоксидному полімері під дією УФО, оскільки він є ефективними для вивчення молекулярної рухливості, надмолекулярної структури, властивостей аморфних та кристалічних тіл. Особливістю цього методу є можливість визначення характеристик релаксаційних переходів: енергії активації  $U_i$  і передекспоненти  $V_i$  [3], що характеризує частоту власних коливань  $i$ -тої кінетичної одиниці на основі температурно-частотних вимірювань при механічних випробуваннях.

На рис. 1. представлено температурні залежності питомої теплоємності  $C_p$  епоксидного полімеру ЕД-20 отвердженого ПЕПА при кімнатній температурі (залежність 1).

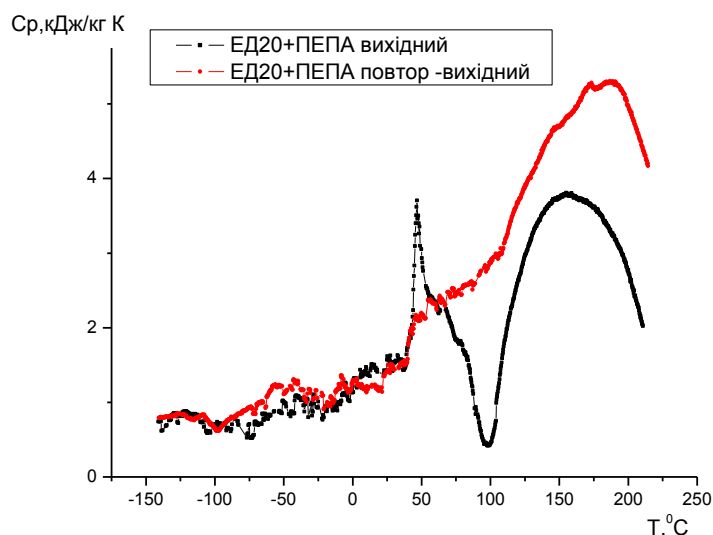


Рис.1. Температурна залежність питомої теплоємності ЕП на основі ЕД-20, отверджених при кімнатній температурі

В склоподібному стані (-150 ÷ +40 °С) спостерігають ряд ефектів, пов'язаних з активізацією рухливості бокових кінцевих груп та невеликих ділянок основного ланцюга[4,5]. Процес склування (+40 ÷ +50 °С) відбувається дуже швидко і супроводжується додатковим поглинанням енергії (спостерігається ендотермічний максимум). При склуванні розморожується рухливість сегментів – великих ділянок основного ланцюга і стає можливим доотвердження – процес завершення реакції. Як відомо [6] при кімнатній температурі може залишитись 45-50 % кінцевих епоксидних груп. Інтенсивніший екзотермічний максимум ( $T_{max} = +100$  °С) свідчить про доотвердження композиції. При температурах вище +160 ÷ +170 °С починаються процеси руйнування С-О та С-С зв'язків (деструкція полімеру).

При повторному дослідженні залежності  $C_p = f(T)$  цієї ж композиції (Рис. 1., залежність 2) процес доотвердження практично не спостерігається (екзотермічний максимум відсутній). Але уповільнення темпу наростання теплоємності в інтервалі температур +50 ÷ +100 °С свідчить про накладання один на одного процесів склування (зростання  $C_p$ ) та доотвердження (зменшення  $C_p$ ).

Зразки епоксидного полімеру нами опромінювались ультрафіолетовим опромінювачем протягом 10, 30, 50 годин. При цьому вони інтенсивно прогрівались. Для виявлення впливу саме ультрафіолетового опромінювання (УФО) деякі зразки екранувались металевією фольгою. Неекрановані зразки потемніли, хоча суттєвих змін в температурних залежностях питомої теплоємності зразків екранованих від дії УФО і неекранованих (Рис. 2.) не спостерігаються. Це свідчить про те, що процеси доотвердження обумовлені об'ємним прогрівом композиції.

Дослідження ж мікротвердості композицій (таблиця 1) показали відмінності мікротвердості опромінених зразків, що свідчить про поверхневий вплив УФО.

Таблиця 1.

Мікротвердість зразків

Серія А	$H_v$ , кг/мм <sup>2</sup>	Серія Б (у фользі)	$H_v$ , кг/мм <sup>2</sup>
ЕД-20+ПЕПА – 10 <sup>h</sup>	16,74	ЕД-20+ПЕПА – 10 <sup>h</sup>	16,45
ЕД-20+ПЕПА – 30 <sup>h</sup>	19,62	ЕД-20+ПЕПА – 30 <sup>h</sup>	16,45
ЕД-20+ПЕПА – 50 <sup>h</sup>	20,99	ЕД-20+ПЕПА – 50 <sup>h</sup>	16,47

На всіх описаних температурних залежностях (Рис. 2.) процес деструкції починається досить швидко (при температурах +150 ÷ +180 °С). Це також свідчить про часткову недоотверженість композицій.



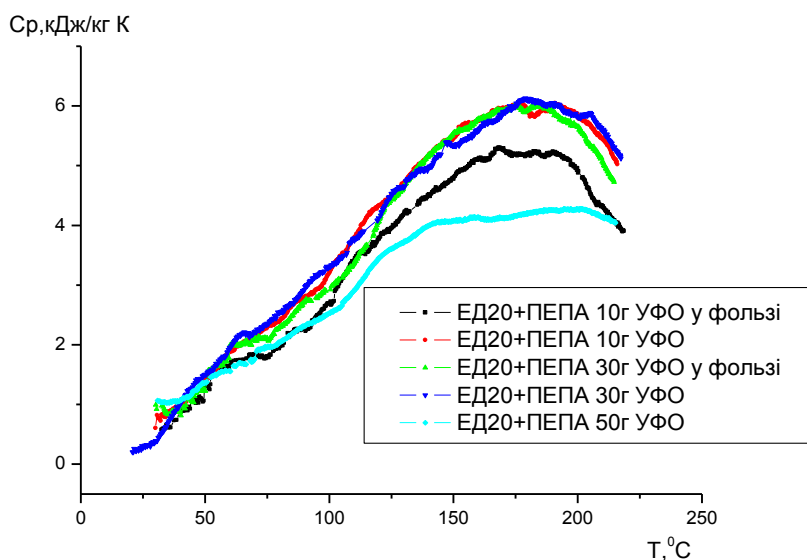


Рис. 2. Температурна залежність питомої теплоємності ЕП на основі ЕД-20 опромінених УФ-променями протягом 10, 30 та 50 годин.

При дії УФО протягом 50 годин процеси деструкції починаються значно пізніше. Сама ж залежність  $C_p = f(T)$  набуває класичного для аморфних полімерів вигляду, де чітко виділяються ділянки склоподібного та високоеластичного стану, розділені процесом склування ( $\Delta T_{ск} = +110 \div +140$  °C). Це свідчить про завершеність процесу зшивання просторової сітки епоксидного полімеру. Таким чином, ультрафіолетове опромінення впливає на властивості, а отже і структуру епоксидних полімерів не тільки в поверхневому шарі, але і в об'ємі полімеру.

#### Література

1. Малезик П.М., Січкарь Т.Г., Шут М.І. Анізотропія фізико-механічних властивостей епоксидних систем, сформованих в магнітному полі. Луцк: «Волинь поліграф», 2014,-148с.
2. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции Киев: Наукова думка, 1990.— 200 с.
3. Янчевський Л.К., Січкарь Т.Г., Василенко С.Л., Шморгун А.В.. Особливості визначення релаксаційних характеристик процесу склування епоксидних полімерів // К.-Матеріали Другої Всеукраїнської конференції викладачів фізики педагогічних інститутів та університетів, 1996 р.
4. Бартенев Г.М., Шут Н.И., Дущенко В.П., Сичкарь Т.Г. Релаксационные переходы в епоксидных полимерах. Высокомолекул. Соедин., 1986, т.28А, №3, с.627-633.
5. Shut N.I., Sichkar T.G., Bartenew G.M.. Relaxation spectrometry of highly cross-linked polymer with epoxy lacquer resin base Acta Polymerica, 1987, vol. 38, №8, с. 477-482.
6. Шут Н.И., Сичкарь Т.Г., Чернин И.З., Беседина М.Н., Дущенко В.П. Теплофизические свойства модифицированных эпоксидных композиций. Пластмассы, 1985, №2, С.14-16
7. Шут М.І., Сичкарь Т.Г. Даниленко Г.Д., Пактер М.К. Влияние реакционноспособных олигомеров на структуру и теплофизические свойства эпоксидных полимеров. Пластмассы, 1988, №12, С.31-33.

#### **Сичкарь Т.Г., Троць В.И., Шморгун А.В. Теплофизические свойства облученных ультрафиолетом полиэпоксидов**

**Аннотация.** Результаты исследования показали существенное влияние ультрафиолетового облучения на свойства, а значит и структуру эпоксидных полимеров не только в поверхностном слое, но и в объёме полимера.

**Ключевые слова:** эпоксидные полимеры; теплофизические свойства; удельная теплоемкость; микротвердость; ультрафиолетовое облучение.

#### **Sichkar T. G., Trotz V. I., Shmorgun, V. A. Thermophysical properties of radiation exposed by ultraviolet of epoxy resins**

**Abstract.** Research results showed substantial influence of ultraviolet irradiation on property, and thus and structure of epoxy polymers not only in a superficial layer but also in the volume of polymer.

**Key words:** epoxy polymers; thermal properties; specific heat; microhardness; ultraviolet irradiation.

**Черненко О.С.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теплофізики  
chernalex@ukr.net

**Калінчак В.В.**  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри теплофізики  
vakaaka@yandex.ua

**Шевчук В.Г.**  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри хімічної та загальної фізики  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Одеса, Україна

**Куземко Р.Д.**  
кандидат технічних наук, доцент кафедри  
«Теплофізика і теплоенергетика металургійного виробництва»  
Приазовський державний технічний університет  
Маріуполь, Україна

**Корчагіна М.М.**  
аспірант кафедри теплофізики  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Одеса, Україна

## **ВПЛИВ ДІАМЕТРА ВУГЛЕЦЕВОЇ ЧАСТИНКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЇЇ ЗАПАЛЮВАННЯ, СТІЙКОГО ГОРІННЯ І САМОВІЛЬНОГО ЗГАСАННЯ В ХОЛОДНИХ АЗОТНО-КИСНЕВИХ СУМІШАХ**

Вивчення запалювання, самопідтримуючого стійкого горіння і самовільного згасання вугільних частинок в холодних азотно-кисневих сумішах залишається актуальним завданням [1 - 2], що визначається широкою областю їх використання.

Дослідження теплофізики та хімічної фізики самоприскорення (самоуповільнення) і квазістаціонарного горіння ускладнене не тільки урахуванням кінетики паралельних реакцій на зовнішній поверхні і на поверхнях пор всередині вуглецевої частинки ( $C + O_2 = CO_2$  (I),  $2C + O_2 = 2CO$  (II),  $Q_1 > Q_2$ ,  $E_1 < E_2$ ), але і нелінійними температурними залежностями швидкості тепловтрат випромінюванням і швидкості течії Стефана. Найбільш часто ця задача вирішується експериментальним шляхом або чисельним моделюванням [1, 2].

Метою даної роботи є аналітичне дослідження впливу тепловтрат випромінюванням, течії Стефана і кінетики внутрішнього реагування на характеристики запалювання (період індукції, критична концентрація кисню, область початкових температур і діаметрів запалювання), стійкого горіння (температура і швидкості горіння) і самовільного погасання (діаметр і густина погасання) поруватої вуглецевої частинки в холодних азотно-кисневих сумішах. Завдання роботи: 1. Визначити критичну концентрацію кисню і граничні діаметри погасання  $d_{e1}, d_{e2}$ , які обмежують область початкових розмірів і температур, в якій здійснюється запалювання і стійке горіння вуглецевих частинок в холодних азотно-кисневих сумішах в залежності від концентрації кисню; вивчити вплив початкової температури частинки на діаметр запалювання. 2. Для області стійкого горіння, використовуючи аналітичні стаціонарні розв'язки, вивчити вплив діаметра частинки на температуру горіння і визначити діаметр самовільного погасання, порівняти з рішеннями диференціальних рівнянь. 3. У встановленій області початкових умов провести дослідження закономірностей часових залежностей температури горіння, діаметра і густини вуглецевої частинки. 4. Встановити механізм впливу початкового діаметра частинки на критичні значення діаметра і густини самовільного погасання поруватої вуглецевої частинки в холодних азотно-кисневих сумішах.

Дослідження проведені на основі комплексного аналізу стійкості і часових залежностей температури, густини, діаметра і швидкості руху вуглецевою частинки з

урахуванням внутрішнього реагування, течії Стефана і променистих тепловтрат. За основу взята модель, представлена в роботі [3]. Закони збереження і перетворення мас, а також хімічної кінетики дозволяють представити диференціальні рівняння для діаметру і густини частинки у вигляді:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = -\frac{2\mu_c}{\mu_{O_2}}(k_1 + 2k_2)\frac{\rho_{gs}}{\rho_c}Y_{O_2,s}, \quad d(0) = d_b; \quad \frac{\partial \rho_c}{\partial t} = -\frac{6}{d}\frac{\mu_c}{\mu_{O_2}}\frac{(k_1 + 2k_2)k_v}{k_1 + k_2}\rho_{gs}Y_{O_2,s}, \quad \rho_c(0) = \rho_{c,b} \quad (1)$$

$$k_v = \frac{2D_v}{d}(Se_v c_{th} Se_v - 1), \quad Se_v = d\sqrt{\frac{F_v(k_1 + k_2)}{4D_v}}, \quad Y_{O_2,s} = Y_{O_2,\infty}\frac{1}{1 + Se}, \quad Se = \frac{k_1 + k_2 + k_v + U_{sk}}{\beta}\frac{\rho_{gs}}{\rho_g},$$

$$k_1 = k_{01}\exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right), \quad k_2 = k_{02}\exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right), \quad \beta = \frac{D_g Sh}{d}, \quad Sh = 2 + 0.16Re^{2/3},$$

де  $k_1, k_2$  – константи хімічних реакцій (I) і (II), м/с;  $k_v$  – константа внутрішнього реагування, м/с;  $D_v$  – коефіцієнт внутрішньої дифузії кисню всередині пор, м<sup>2</sup>/с;  $F_v$  – питома поверхня пор, м<sup>-1</sup>;  $Se, Se_v$  – дифузійно-кінетичні відношення;  $Y_{O_2,s}, Y_{O_2,\infty}$  – масова частка кисню відповідно на поверхні частки і в газі;  $\beta$  – коефіцієнт масопереносу кисню в газі, м/с;  $D_g$  – коефіцієнт дифузії кисню в газовій суміші;  $Sh$  – критерій Шервуда;  $Re$  – критерій Рейнольдса.

В цьому випадку рівняння термодинаміки поруватої вуглецевої частки з урахуванням швидкості теплопроводу стефанівським потоком  $U_s$ , ньютонівського теплообміну  $q_g$  і радіаційного теплообміну  $q_w$  представимо у вигляді:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{6}{c_c \rho_c d} q_{eff}, \quad q_{eff} = q_{ch} - q_h \quad T(t=0) = T_b, \quad (2)$$

$$q_h = q_g + q_w, \quad q_w = \varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4), \quad q_g = \beta \rho_g c_{p,g} (T - T_g) + \frac{1}{2} U_s \rho_{g,s} c_{p,g} (T + T_g), \quad (3)$$

$$q_{ch} = \left( \frac{(Q_1 k_1 + Q_2 k_2)(k_1 + k_2 + k_v)}{k_1 + k_2} \right) \frac{\rho_{g,s} Y_{O_2,\infty}}{1 + Se}, \quad (4)$$

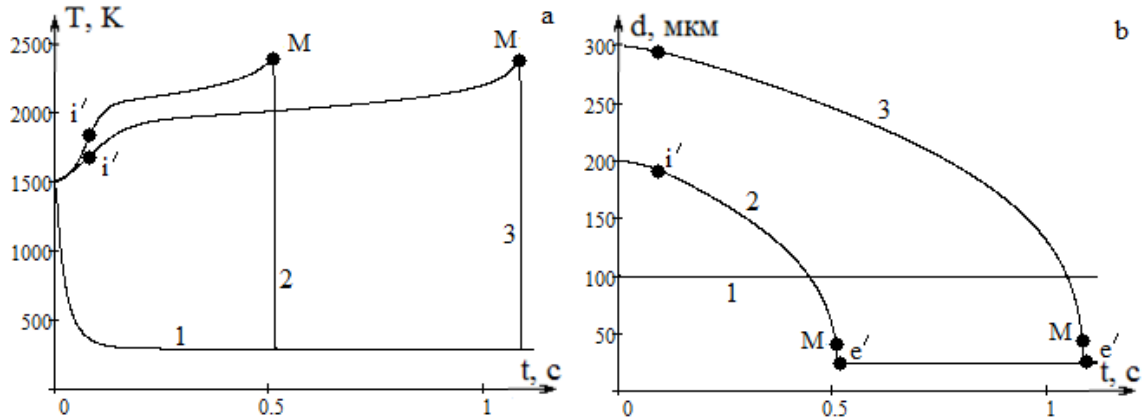
де  $q_{eff}$  – різниця швидкості хімічного тепловиділення  $q_{ch}$  і сумарної швидкості тепловтрат  $q_h$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $Q_1, Q_2$  – теплові ефекти хімічних реакцій (I) і (II), Дж/кгO<sub>2</sub>,  $E_1, E_2$  – енергії активації, Дж/моль;  $T, T_g, T_w$  – температури частинки, навколишнього газу і навколишніх тіл (стінок);  $c_{p,g}, c_c$  – питомі теплоємності газу і частинки.

**Аналіз результатів.** На рис. 1 представлені результати чисельного розрахунку системи рівнянь (1) - (2) на прикладі запалення, горіння і погасання вуглецевої частинки в азотно-кисневій суміші кімнатної температури при концентрації кисню, більшої критичної концентрації погасання. Зменшення діаметру частинки в процесі горіння призводило до повільного зростання квазістаціонарної температури горіння і досягнення максимального значення. Це пояснюється тим, що зі зменшенням діаметру збільшується швидкість хімічного тепловиділення за рахунок збільшення масопереносу кисню до одиниці поверхні. При цьому, загальні тепловтрати збільшуються не так швидко. При певному розмірі частинки і досягненні максимальної температури горіння ці швидкості порівнюються  $\partial q_{eff} / \partial \beta|_M = 0$ . Подальше зниження температури горіння зі збільшенням коефіцієнтів тепломасопереносу пов'язане з переважаючим збільшенням швидкості тепловіддачі молекулярно-конвективним шляхом в порівнянні зі швидкістю хімічного тепловиділення. Діаметр самовільного погасання частинки практично не залежить від початкового розміру [3], а густина самовільного погасання зменшується лінійно зі збільшенням початкового діаметру частинки.

На рис. 2 представлена залежність діаметру частинки вуглецю від її стаціонарної температури, що отримана з умови стаціонарності температури частки  $q_{eff} = 0$  і (3)-(4).

Залежність температури горіння від діаметру частинки встановлюється на використанні умови стаціонарності  $q_{eff} = 0$ ,  $\partial q_{eff} / \partial T < 0$ . Залежність критичного діаметру запалення від

початкової температур визначається умовою самоприскорення  $q_{eff} = 0$ ,  $\partial q_{eff} / \partial T > 0$ . Критичні діаметри і температури погасання (займання):  $\partial q_{eff} / \partial T = 0$ ,  $q_{eff} = 0$ .



**Рис. 1.** Вплив початкового діаметру частинки на  $T(t)$  і  $d(t)$  при заданій початковій температурі  $T_b = 1500$  К. Запалення, горіння і самовільне погасання частинки антрациту АШ діаметром 1) 100, 2) 200 і 3) 300 мкм в азотно-кисневій суміші ( $Y_{O_2} = 0.5$ )  $T_g = 293$  К  $T_w = 293$  К. Початкова питома поверхня пор  $F_{v0} = 2 \cdot 10^5$  м<sup>-1</sup>, коефіцієнт внутрішньої дифузії кисню  $D_v = \chi^2 D_g$ , початкова густина частинок  $\rho_{cb} = 1440$  кг/м<sup>3</sup>. Параметри  $T_{M2} = 2383$  К,  $T_{M3} = 2371$  К,  $d_{e2} = 24$  мкм,  $d_{e3} = 25$  мкм,  $\rho_{e2} = 305$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{e3} = 210$  кг/м<sup>3</sup>.

$$d = \frac{D_g Sh \rho_g c_{pg} (T - T_g)}{k_{01} Q_{ef} (1 + k_2 + k_v) \rho_{g,s}} \cdot \frac{\exp(E_1/RT)}{(B \pm \sqrt{B^2 - A_g A_w})}, \quad (5)$$

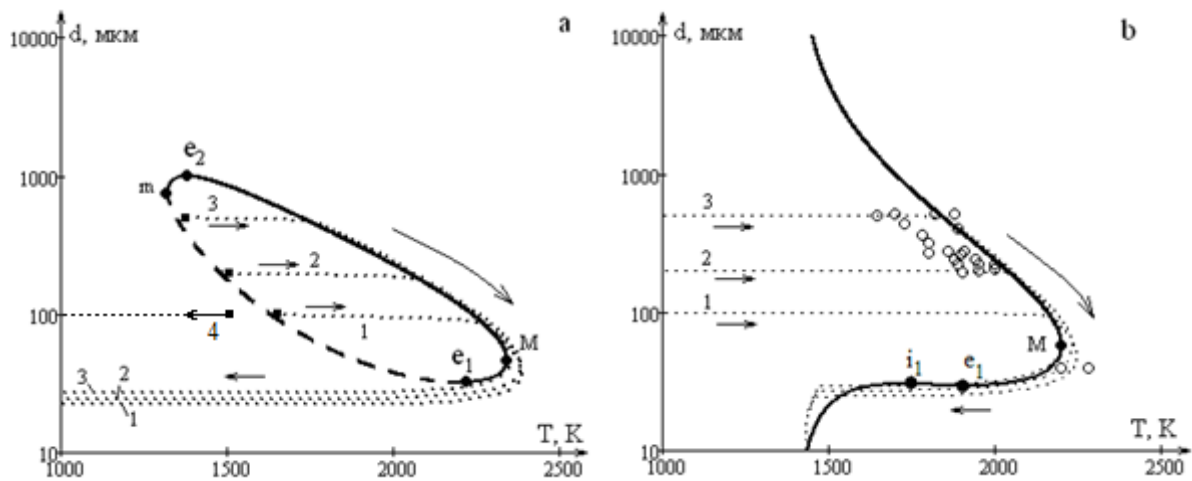
$$Q_{ef} = \frac{Q_1 k_1 + Q_2 k_2}{k_1 + k_2}, \quad k_2 = \frac{k_2}{k_1}, \quad k_v = \frac{k_v}{k_1}, \quad B = \frac{1}{2} \left( (1 - A_{sf}) Y_{O_2\infty} - A_g - A_w \right),$$

$$A_g = \frac{c_{p,g} (T - T_g) (1 + k_2 + U_{sk})}{Q_{ef} (1 + k_2 + k_v)}, \quad U_{sk} = \frac{U_{sk}}{k_1}, \quad A_w = \frac{\varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4)}{Q_{ef} k_1 \rho_{gs} (1 + k_2 + k_v)},$$

$$A_{sf} = \frac{\mu_c}{\mu_{O_2}} \frac{c_{pg} T^*}{Q_{ef}} \left( 1 + \frac{k_2}{k_1 + k_2} \right), \quad A_w = \frac{\varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4)}{Q_{ef} (k_1 + k_2 + k_v) \rho_{g,s}}.$$

На рис. 2 пунктирні криві 1 - 4 отримані з розв'язку нестационарної задачі теплома-сообміну (1)–(4) для частинок з різними початковими діаметрами. Вуглецева частинка може перейти на режим горіння самовільно при високих температурах повітря (самозаймання, рис.2 б) або в результаті попереднього підігрівання в холодній азотно-кисневій суміші, збагаченої киснем (запалювання, рис. 2а) [3]. Таким чином, якщо частинка спалахує в результаті самозаймання або запалювання, зростання температури горіння частинки зі зменшенням її діаметру відбувається квазістационарно до максимальної температури, а потім зменшення і прагнення до температури погасання при діаметрі і густині згасання.

За винятком великих розмірів поблизу  $d_{e2}$ , критичний діаметр запалення зменшується зі збільшенням початкової температури частинки  $d'_e(T_b)$  (великий пунктир (рис. 2а)). З ростом концентрації окисника область запалення зростає. При зменшенні концентрації кисню область запалення по діаметру зменшується і при деякому мінімальному значенні концентрації кисню неможливе запалення частинок вуглецю при будь-якій початковій температурі частинки. Завдяки внутрішньопористому реагуванню область розмірів розширюється для великих розмірів (у зв'язку з пониженням температури запалення і



**Рис. 2.** Залежності діаметру вуглецевої частинки від стаціонарної температури для випадку а) її запалення і б) самозаймання в азотно-кисневій суміші. Криві 1, 2, 3 – нестационарні залежності для частинок з початковим розміром 100, 200 и 500 мкм. Точки  $e_1$  і  $e_2$  – критичні точки погасання.

а)  $Y_{O_2} = 0.50$ ;  $T_g = 293$  К,  $T_w = 293$  К.  $T_{b1} = 1640$  К,  $T_{b2} = 1480$  К,  $T_{b3} = 1360$  К. 4)  $d = 100$  мкм,  $T_{b1} = 1500$  К;  $d_{e1} = 32$  мкм,  $T_{e1} = 2195$  К,  $d_{e2} = 992$  мкм,  $T_{e2} = 1380$  К,  $d_m = 775$  мкм,  $T_m = 1325$  К,  $d_M = 47$  мкм,  $T_M = 2340$  К.

б)  $Y_{O_2} = 0.23$ ;  $T_g = 1400$  К,  $T_w = 1400$  К.  $T_{b1} = T_{b2} = T_{b3} = 293$  К.  $\circ$  – дані [4].

горіння частинки). Тому великі поруваті вуглецеві частки можна запалити часто в повітрі кімнатної температури.

**Висновки.** Запропонований метод визначення області діаметрів частинок вуглецю, які при концентрації кисню вище за деяке граничне значення, запалюються і стійко горять в азотно-кисневих сумішах кімнатної температури. Встановлений механізм мимовільного погасання в результаті зменшення діаметру і температури горіння до критичних значень погасання.

#### Література:

1. Tiziano Maffei, Reza Khatami, Sauro Pierucci, Tiziano Faravelli, Eliseo Ranzi, Yiannis A. Levendis. Experimental and modeling study of single coal particle combustion in  $O_2/N_2$  and Oxy-fuel ( $O_2/CO_2$ ) atmospheres // *Combustion and Flame*. – 2013. – Vol. 160, Issue 11. – P. 2559.
2. Paula A. Bejarano, Yiannis A. Levendis. Single-coal-particle combustion in  $O_2/N_2$  and  $O_2/CO_2$  environments // *Combustion and Flame*. – 2008. – Vol. 153, Issues 1–2. – P. 270.
3. Kalinchak V.V. and Chernenko A. S. Combustion and Spontaneous Extinction of Porous Carbon Particles in Nitrogen–Oxygen Mixtures at Room Temperature // *Combustion, Explosion, and Shock Waves*. – 2013. – Vol 49, № 2. – P.196.
4. Основы практической теории горения: Учебное пособие для вузов // В.В. Померанцев. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отд-ние, 1986. – С. 204.

#### Черненко О.С., Калінчак В.В., Шевчук В.Г., Куземко Р.Д., Корчагіна М.М. Запалювання, стійке горіння і самовільне погасання вуглецевої частинки в холодних азотно-кисневих сумішах

З урахуванням поруватості, стефанівської течії і тепловтрат випромінюванням в роботі представлений аналітичний підхід для визначення граничної концентрації кисню, вище за яку в певному інтервалі розмірів здійснюється запалювання і стійке горіння вуглецевої частинки в холодних азотно-кисневих сумішах. Встановлений механізм самовільного погасання в результаті зменшення діаметру і температури горіння до критичних значень погасання.

**Ключові слова:** порувата частинка вуглецю, запалювання, горіння, самовільне погасання, азотно-кисневі суміші

#### Chernenko A.S., Kalinchak V.V., Shevchuk V.G., Kuzemko R.D., Korchagina M.N. Ignition, steady burning and spontaneous extinction of a carbon particle in a cold nitrogen-oxygen mixture.

Take into account the porosity, the flow of Stefan and radiant heat loss. An analytical approach is presented for determining the limiting concentration of oxygen above which, in a given size interval, there is an ignition and a stable burning of a carbon particle in cold nitrogen-oxygen mixtures. The mechanism of spontaneous extinction is established with a decrease in the diameter and combustion temperature to critical extinction values.

**Key words:** carbon porous particle, forced ignition, burning, spontaneous extinction, nitrogen-oxygen mixture

**Шевчук В.Г.**

доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой общей и химической физики  
*chem\_phis@ukr.net*

**Калинчак В.В.**

доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой теплофизики  
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова  
Одесса, Украина  
*teplophys@onu.edu.ua*

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИЗИКИ ГОРЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Активные системы, т.е. системы с непрерывно распределенными (в макроскопическом масштабе) нелинейными источниками тепла и потоковой связью между элементами среды являются наиболее широким классом систем, изученных синергетикой. Их наиболее ярким представителем являются горючие системы, в которых, в свою очередь, выделяют газы, жидкости, твердые тела и пыли (газовзвеси). Сжигание твердых горючих в пылевом виде позволяет достичь больших скоростей преобразования топлива вследствие высокой реакционной поверхности. По этой же причине горючие пыли характеризуются повышенной пожаро- взрывоопасностью.

Математической базой для теоретического описания процессов их горения являются нелинейные параболические уравнения теплопроводности и диффузии вида:

$$v \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial t} = a \Delta T + \frac{f(T)}{\tau_{\delta}}, \quad (1)$$

где  $f(T) \sim e^{-\frac{E}{RT}}$  – функция нелинейных источников аррениусовского вида,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\tau_p$  – характерное время химической реакции.

Из общих физических соображений следует, что для процессов горения существенны два времени – собственно  $\tau_p$  и характерное время теплопередачи по системе  $\tau_{\delta} \sim \frac{a}{L^2}$ , где  $L$  – характерный размер системы. В зависимости от соотношения между ними можно рассматривать три предельных режима:

а)  $\tau_p \gg \tau_m$ , при этом в системе быстро устанавливается постоянный температурный профиль, т.е. теплопроводностью можно пренебречь и мы имеем дело с нестационарным воспламенением, для которого уравнение (1) упрощается и приобретает вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{f(T)}{\tau_{\delta}}, \quad (2)$$

б)  $\tau_p \ll \tau_m$ , при этом реакцию можно принять бесконечно быстрой, так что уравнение (1) линеаризуется (последнее слагаемое приобретает вид постоянного слагаемого, пропорционального тепловому эффекту реакции). В таком случае имеет место диффузионное горение.

в)  $\tau_p \approx \tau_m$ , в этом случае оба фактора (т.е. потоковая связь и нелинейные источники) одинаково важны. Такая ситуация соответствует автоволновому режиму - распространению пламени по системе. При этом скорость автоволны определяется только внутренними параметрами системы ( $a$  и  $\tau_p$ ) и ее характерное значение, как следует из теории размерности,

$$v \sim \sqrt{\frac{a}{\tau_{\delta}}}.$$

Все вышесказанное в равной мере относится и к газофазным смесям горючего с окислителем, и к пылям (а также и к горючим аэрозолям). Однако в отличие от газофазных смесей, где горючее и окислитель перемешаны на молекулярном уровне, для пыли существуют внутренние макроскопические масштабы, связанные с размерами частиц и расстоянием между ними. Это приводит к зависимости всех характеристик горения (критических температур воспламенения, скорости нарастания давления, концентрационных пределов, скорости распространения пламени и др.) не только от концентрации горючего, как имеет место для газов, но и от дисперсных характеристик пыли.

При изучении процессов воспламенения различаются три вида дисперсных систем – одиночные частицы, газовзвеси и конгломераты. Управляющим параметром при этом служит отношение реакционной поверхности пыли  $S_p$  ( $S_\delta = V \cdot S_{\delta\dot{a}}$ , где  $S_{\delta\dot{a}} = \frac{3B}{r_0\rho_s}$ , где  $B$  – массовая концентрация пыли,  $\rho_s$  – плотность твердой фазы,  $r_0$  – размер частиц) к внешней поверхности объема, в которой заключена пыль  $S_{вн}$ . Для указанных дисперсных систем:

$$\left( \frac{S_p}{S_{вн}} \right)_{\text{одиноч. частицы}} \ll \left( \frac{S_p}{S_{вн}} \right)_{\text{пыли}} \ll \left( \frac{S_p}{S_{вн}} \right)_{\text{конгломерата}}$$

и, соответственно, температуры воспламенения:

$$T_{в\dot{e}д.ч\dot{a}ст.} > T_{в\dot{e}пыли} > T_{в\dot{e}к\dot{о}н\dot{г}л\dot{о}м\dot{e}р\dot{а}т\dot{а}}$$

В случае диффузионного горения пылевых факелов задача аналогична задаче Бурке-Шумана для газов, однако высота горящего факела зависит не только от концентрации горючего, но и от размера частиц.

Для волнового горения, в зависимости от гидродинамической ситуации, определяемой условиями организации процесса горения, может быть важной не только нелинейность термокинетического типа, но и гидродинамическая нелинейность. Как для газов, так и для пылей это приводит к существованию различных режимов распространения пламени – ламинарного, вибрационного, турбулентного, детонационного и переходных между ними. Для пылей все характеристики этих режимов (концентрационные пределы, скорость и др.) существенно зависят от размера частиц. При заданном химическом составе пыли за счет вариации размеров можно менять не только эти характеристики, но и сами условия существования указанных режимов.

#### **В.Г. Шевчук, В.В. Калинчук Синергетические аспекты физики горения дисперсных систем.**

**Аннотация.** Исходя из подхода к физике горения дисперсных систем как к физике активных систем дана классификация и примеры предельных режимов реагирования основываясь на нелинейности термокинетического типа – взрывные, диффузионные, автоволновые процессы. Для автоволн анализируется роль гидродинамической неустойчивости в реакциях ламинарного, турбулентного, детонационного и переходных режимов распространения пламени в пылях.

**Ключевые слова:** синергетика, активные системы, режимы реагирования, режимы горения.

#### **V.G. Shevchuk, V.V. Kalinchak Synergetic aspects of dispersed systems combustion physics.**

**Abstract.** Given a classification and examples of limit response modes based on thermokinetic type nonlinearly - explosive, diffusion, autowave processes. It was made on proceeding from the approach to physics of dispersed systems combustion as a physics of active systems. Analyzed the role of hydrodynamic instability for autowaves in reactions of laminar, turbulent, detonation and transitional modes of flame propagation in dusts.

**Key words:** synergetics, active systems, chemical reaction modes, burning regimes.

**Шевчук Т.М.**

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики  
*t.shevchuk\_81@mail.ru*

**Бордюк М.А.**

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики  
Рівненський державний гуманітарний університет  
м. Рівне, Україна

## СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРНИХ АУКСЕТИКІВ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ

Значна увага звертається на полімерні системи з від'ємним коефіцієнтом Пуассона [1-3]. Об'єктом дослідження використовувався наповнений термопластичний поліуретан (ТПУ) з критичним вмістом наповнювача (для систем ТПУ+Fe складав 52%, ТПУ+W – 48%, ТПУ+Mo – 43%) [4, 5]. За результатами акустичних досліджень для ТПУ-систем визначався коефіцієнт Пуассона (1).

Таблиця 1.

Коефіцієнт Пуассона, фрактальні розмірності, параметр Грюнайзена ТПУ-систем

Полімерна система	$\nu$ (1)	$\nu$ (2)	$d_f$	$\gamma_L$ (d=3)	$\gamma_L$ (d=2)	$\gamma_L$ (d=1)	$\gamma_A$	$D_f$	$D_{f,\nu}$
ТПУ + 48об.% W	-0,397	-0,423	1,206	0,336	0,759	-2,927	0,283	1,557	1,557
ТПУ + 43об.% Mo	-0,365	-0,402	1,270	0,367	0,870	-2,352	0,308	1,578	1,578
ТПУ + 52об.% Fe	-0,236	-0,251	1,528	0,519	1,619	-1,447	0,423	1,679	1,679

При критичному вмісті наповнювачів ТПУ-системи мали від'ємний коефіцієнт Пуассона (таблиця 1). Моделювання процесів поширення ультразвукових хвиль у таких системах як деформаційних ефектів, що розповсюджуються у вигляді еліпсоїдів обертання, дало можливість визначити теоретичні значення коефіцієнта Пуассона за швидкостями  $\nu_t$ ,  $\nu_c$  та відповідними характеристичними частотами Дебая (2).

На нано- та мікрорівні наповнені полімери володіють високим ступенем самоорганізації, існуванням ближнього та кластерного порядків. ТПУ-системи, на основі такого підходу, можна розглядати як проміжні структуроутворення між повністю впорядкованими та хаотичними. Такий підхід до структури ТПУ-систем дає можливість розглядати їх як фрактальні і використовувати фрактальні підходи до аналізу наноутворень, надмолекулярної організації в них та інших властивостей.

Для таких систем, згідно синергетичного підходу, розраховували фрактальну розмірність структуроутворень:

$$d_f = (d - 1)(1 + \nu), \quad (1)$$

де  $d$  – евклідова розмірність простору,  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона.

Значення фрактальних розмірностей ТПУ-систем (таблиця 1) вказують на те, що структуроутворення в них мають лінійний характер, в яких виявляються площинні ефекти. На макрорівні такі системи можна моделювати як лінійні регулярні структури – квазіодномірні ґратки. Вузли таких ґраток складають частинки наповнювача, які з'єднані ланцюгами полімерів, що перебувають у витягнутій або складчастій конформації. Оскільки  $d_f > 1$ , то в такому одномірному надкриталі присутня міжмолекулярна взаємодія між ґратками за рахунок структурних елементів макромолекул ТПУ. Результати розрахунків  $d_f$  свідчать, що для системи ТПУ+Fe в більшій мірі виявляються площинні ефекти.

Встановлення взаємозв'язку між  $d_f$  і  $\nu$  дає змогу виразити решітковий параметр Грюнайзена як:



$$\gamma_L = \frac{d_f}{2(d - d_f)}. \quad (2)$$

На основі цього співвідношення визначали решітковий параметр Грюнайзена для об'ємних ефектів (об'ємних взаємодій  $d = 3$ ), площинних ( $d = 2$ ) та лінійних ( $d = 1$ ). Як свідчать результати розрахунків (таблиця 1) при реалізації об'ємних взаємодій між структурними елементами макромолекул (атомними групами, мономірними ланками) ангармонічні ефекти найбільше виявляються в системі ТПУ+Fe. Такий же характер ангармонізму фіксується за виявлення площинних взаємодій. Лінійні ефекти в ТПУ-системах характеризуються від'ємними параметрами Грюнайзена. Такі значення  $\gamma_L$  свідчать про нестійкість квазіодномірної ґратки до деформацій зсуву, розмиванням кластерного порядку, зміні ближнього порядку між структурними елементами макромолекул та виявом мембранного ефекту. Зміни в структуроутвореннях на лінійному рівні в досліджених макромолекулярних системах призводять до вирівнювання швидкостей поширення поздовжніх та поперечних ультразвукових хвиль ( $v_l = v_t$ ).

Виникаючий ангармонізм між структурними елементами макромолекул в ТПУ-системах при поширенні ультразвукових хвиль оцінювали на основі акустичного параметра Грюнайзена:

$$\gamma_A = \frac{3(1 + \nu)}{2(2 - 3\nu)}. \quad (3)$$

Розрахунки  $\gamma_A$  свідчать, що його значення близькі до  $\gamma_L$  у випадку  $d=3$ .

У рамках моделі наповненого полімеру та фрактального підходу (межовий шар у наповнених полімерах розглядається як наслідок взаємодії двох фракталів – полімерної матриці та поверхні наповнювача) визначали геометричні розміри межового шару ( $l_{m.ш.}$ ). Це дало можливість у рамках перколяційного підходу визначити механічні характеристики ауксетичних полімерних композицій.

Проведені дослідження показали, що ТПУ-системи з від'ємним коефіцієнтом Пуассона можна моделювати як квазіодномірний кристал між частинками якого знаходиться межовий шар. У такій моделі зв'язок між частинками наповнювача здійснюється за рахунок структуроутворень полімеру у вигляді наноутворень з почерговим розміщенням областей порядку і безпорядку.

#### Література

1. D. Li, T. Jaglinski, D.S. Stone, R.S. Lakes, Applied Physics Letters. 101(25), 251903-1 (2012).
2. Y. Sun, N. Pugno, Materials.6, 699 (2013).
3. Y.J. Park, J.K. Kim, Advances in Materials Science and Engineering. 2013 (ID 853289), 1 (2013).
4. B.S. Kolupaev, Yu.S. Lipatov, V. I. Nikitshuk, N.A. Bordyuk, O.M. Voloshin, Доповіді Академії наук України. 12,130 (1993).
5. Б.С. Колупаев, Ю.С. Липатов, В.И. Никитчук, Н.А. Бордюк, О.М. Волошин, Инженерно-физический журнал. 69 (5), 726 (1996).

#### Шевчук Т.М., Бордюк М.А. Структурно-механічні характеристики полімерних ауксетиків на основі синергетичного підходу

**Анотація.** Для полімерних композицій з від'ємним коефіцієнтом Пуассона визначено фрактальні розмірності структуроутворень та параметр Грюнайзена. Моделюються структуроутворення в таких системах та процеси поширення механічних напружень. На основі кластерної моделі полімерів визначені мікропараметри елементів структури.

**Ключові слова:** полімерний ауксетик, параметр Грюнайзена, коефіцієнт Пуассона, фрактальні розмірності.

#### Shevchuk T.N., Bordyuk M.A. Structural and mechanical properties of polymer-based auxetics synergistic approach

**Abstract:** For polymeric compositions with negative Poisson's ratio determined fractal dimension structure formation and setting Gryunayzena. Structure modeled in such systems and processes of distribution of mechanical stress. Based on the cluster model of polymers by mikroparmetry structural elements, including: the volume and size of cluster fractal dimension of excitement degree loosened matrix and pores volume flexibility of macromolecules.

**Key words:** polymer auxetics parameter Gryunayzena, Poisson's ratio, fractal dimension.

**Шут М.І.**  
академік НАПН України,  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри загальної та прикладної фізики,  
*mishut1@ukr.net*

**Рокицька Г.В.**  
аспірант  
*galina-darla@ukr.net*

**Розанович В.Ю.**  
студент,  
*vrozanovych@gmail.com*

**Челнокова С.М.**  
студент,  
*sofiyachelnokova@gmail.com*

**Рокицький М.О.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
*maksal@bigmir.net*  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова,  
м. Київ, Україна

## **АНАЛІЗ РЕЛАКСАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПЕНТАПЛАСТ – AgI**

Відомо, що при наповненні полімерів дисперсними частинками процес склування може розділятися на декілька окремих процесів, пов'язаних, наприклад, з низькотемпературним і високотемпературним процесами склування, поява яких викликана різною дією модифікаторів на молекулярну рухливість різних кінетичних одиниць полімерної матриці. У чистому полімері вплив областей із різною сегментальною рухливістю може і не викликати помітної мультиплетності релаксаційних максимумів на експериментальних залежностях інтенсивності зміни питомої теплоємності  $dC_p/dT$ , тоді як при модифікуванні полімеру під впливом структурно активних домішок поблизу поверхні розділу полімер – модифікатор у багатьох випадках спостерігається роздвоєння піків відповідних переходів як результат, наприклад, зміни інтенсивності молекулярної рухливості кінетичних одиниць.

Яскравими представниками полімерного композиційного матеріалу (ПКМ) з такими особливостями процесу склування є система пентапласт – йодид срібла (AgI). В даній роботі було проведено розділення процесу склування на два окремих процеси, що виникли внаслідок наповнення полімеру дисперсними частинками та проаналізовано концентраційні залежності температур низькотемпературної та високотемпературної складових процесу склування.

Залежність параметрів склування, а саме температури початку  $T_{11}$  та температури  $T_{12}$  кінця низькотемпературної та температур початку  $T_{21}$  та кінця  $T_{22}$  високотемпературної складових процесу склування від концентрації дисперсного наповнювача яскраво свідчить про суттєвий вплив присутності наповнювача на структуру полімерної матриці.

Аналіз концентраційних залежностей температур початку та кінця низькотемпературної складової процесу склування ПКМ пентапласт – AgI дозволяє бачити,

що за характером зміни температур концентраційну область можна уявно поділити на чотири ділянки.

Перша, обмежена концентраціями  $\varphi$  від 0 до 8 %, при збільшенні вмісту дисперсного AgI, характеризується деяким пониженням температури початку процесу склування, що викликано структурною активністю наповнювача.

На другій ділянці, при збільшенні концентрації до 36 %, наповнювач виступаючи у ролі зародків структуроутворення, обмежує рухливість сегментів макромолекул поблизу поверхні наповнювача а, отже, і підвищує температуру початку процесу склування, оскільки пониження рухливості сегментів, які приймають участь у релаксаційному процесі, веде до підвищення його енергії активації.

Третя область концентрацій –  $36 < \varphi \leq 58$  % характеризується перебуванням полімеру у стані граничних шарів. Зменшення радіальних напруг на межі поділу пентапласт – йодид срібла, приводить до незначного підвищення ступеня кристалічності пентапласту в стані граничних шарів, які мають більш впорядковану по відношенню до полімеру в об'ємі, структуру.

У четвертій області при  $\varphi \geq 69$  %, внаслідок нестачі полімерного зв'язуючого виникають розриви пристінного шару полімеру, що веде до часткової аморфізації полімерних залишків та зумовлює підвищення інтенсивності теплового руху сегментів макромолекул і, як наслідок, пониження температури  $T_1$ .

Характер концентраційної залежності температури кінця  $T_{12}$  низькотемпературної складової процесу склування є практично аналогічним до відповідної залежності  $T_{11}$  з однією відмінністю, що полягає у незначному зміщенні температурного мінімуму у бік вищих концентрацій і пояснюється зростанням сегментальної рухливості, а також поступовим зростанням частки  $\alpha$ -модифікації пентапласту внаслідок підвищення температури.

Аналіз високотемпературної складової склування звертає увагу на вищу, по відношенню до низькотемпературної, чутливість полімерної матриці до впливу дисперсного наповнювача – йодиду срібла, зумовлену інтенсифікацією теплового руху кінетичних одиниць макромолекул полімеру.

Визначення комплексу релаксаційних характеристик було проведено з використанням методу описаного у роботах [1,2]. Аналіз значень передекспоненти [3,4]  $B_\alpha \approx 5 \cdot 10^{-12}$  с дозволяє впевнитись у можливості застосування методики визначення комплексу релаксаційних характеристик із калориметричних досліджень до ненаповнених і наповнених високомолекулярних полієфірів, а саме пентапласту та композитів на його основі.

Експериментальні данні свідчать, що звуження напівширини інтервалу низькотемпературної складової процесу склування  $S_{01}$  при збільшенні концентрації дисперсного наповнювача до 27 % свідчить найбільш імовірно про зменшення ширини розподілу кінетичних одиниць за розмірами, що беруть участь у релаксаційному процесі.

Подальша сталість параметру  $S_{01}$  при  $27 < \varphi < 69$  % вказує на очевидну гомогенність полімеру, що перебуває у стані граничних шарів. Останнє також підтверджується практичною сталістю величини енергії активації процесу.

Деяке зростання напівширини інтервалу високотемпературної складової склування  $S_{01}$  сукупно із ростом енергії активації при  $20 < \varphi < 42$  % може свідчити про існування значного розподілу за розмірами структурних елементів, які утворилися внаслідок

механічної диспергації, таких як кінці обірваних ланцюгів, ланцюги з одним вільним кінцем тощо. Числові значення параметру кооперативності  $w_1$  та  $w_2$  вказують на сукупну участь у релаксаційних процесах відповідно п'яти та шести кінетичних одиниць для низькотемпературної та високотемпературної складових, відповідно.

Таким чином дослідження температурної залежності теплоємності композитів системи в області склування полімерної матриці пентапласту виявили мультиплетний характер процесу склування та дозволили фізично обґрунтовано виконати розділення спостережуваного під час склування теплового ефекту на два окремих процеси, що викликані наповненням полімеру дисперсними частинками та окремо визначити комплекс їх релаксаційних характеристик.

#### Література

1. Янчевский Л.К., Шут Н.И., Лазоренко М.В., Левандовский В.В. Определение параметров релаксационного перехода по данным теплофизических измерений // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1990. – Т. 32, №2. – С.307-309.
2. Yanchevsky L.K., Levandovsky V.V. Determination of the parameters of the relaxation spectrum of polymers from the results of calorimetric measurements // Acta Polymer. – 1993. – V.44. – P.29-30.
3. Бартнев Г.М., Бартнева В.Г. Релаксационные свойства полимеров. – М.: Химия, 1992. – 384 с.
4. Бартнев Г.М., Сандитов Д.С. Релаксационные процессы в стеклообразных системах. – Новосибирск, 1986. – 238 с.

#### Шут М.І., Рокицька Г.В., Розанович В.Ю., Челнокова С.М., Рокицький М.О. Аналіз релаксаційних характеристик системи Пентапласт – AgI

**Анотація.** У даній роботі проведено аналіз мультиплетної залежності  $dC_p/dT$  композитів системи пентапласт – AgI в температурному інтервалі склування, форма якої спричинена присутністю структурно-активних частинок йодиду срібла та визначено комплекс їх релаксаційних характеристик. Показано, що калориметричний метод аналізу релаксаційних процесів може бути застосований і до полімерних композиційних матеріалів до складу яких входять полімери здатні до кристалізації, а саме високомолекулярні полієфіри та дисперсні наповнювачі.

**Ключові слова:** полімер, релаксація, склування.

#### Shut M., Rokytska H., Rozanovych V., Chelnokova S., Rokytskyi M. Analysis of relaxation characteristics of Penton – AgI

**Abstract.** In this research the analysis of composites  $dC_p/dT$  multiplet dependence, whose shape is caused by structure-active silver iodide particles occurrence, in glass transition temperature range have been carried out and their relaxation characteristics complex have been determined. It has been shown that calorimetric method of analysis of relaxation processes can be used also to polymer composite materials which includes polymers able to crystallization, namely, high-molecular polyesters and disperse fillers.

**Key words:** polymer, relaxation, glass transition.

**Шут М.І.**  
академік НАПН України,  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри загальної та прикладної фізики  
**Рокицький М.О.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри загальної та прикладної фізики  
**Тульженкова О.С.**  
аспірант кафедри загальної та прикладної фізики  
**Шут А.М.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри загальної та прикладної фізики  
НПУ імені М.П. Драгоманова  
Київ, Україна  
Київ, Україна  
*kzf@ukr.net*

## **ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ СИСТЕМИ ПХТФЕ – SnO<sub>2</sub>**

Завдяки унікальним фізико-механічним властивостям і значному потенціалу прикладного використання полімерні наноккомпозити є постійними об'єктами дослідження провідних лабораторій світу. Високими показниками захисних та поглинаючих властивостей із заданими фізико-механічними і теплофізичними властивостями та низьким вмістом нанодисперсних наповнювачів мають полімероксидні наноккомпозити з активними компонентами. Керування їх параметрами можна здійснювати в широких межах засобами модифікування поверхонь взаємодіючих компонентів, зміни їх вмісту, розмірів та впливу зовнішніх фізичних полів.

Загальноновизнаним є факт активного впливу міжфазного шару на межі поділу полімер – оксидний нанодисперсний наповнювач на формування властивостей полімерних наноккомпозитів. З точки зору функціональних властивостей, в якості компонентів полімероксидних наноккомпозитів, на особливу увагу заслуговують високо стабільний та хімічно стійкий, полярний полімер поліхлортрифторетилен (ПХТФЕ) та діоксид олова (SnO<sub>2</sub>).

При кімнатній температурі ПХТФЕ не розчиняється ні в одному з відомих органічних розчинів; його фізико – механічні властивості дуже чутливі до змін надмолекулярної структури. Ступінь кристалічності ПХТФЕ може змінюватись від 0 до 80 % [1, 2]. Ізоструктурний з рутилом діоксид олова характеризується тетрагональною кристалічною ґраткою з параметрами  $a = 4,73735 \text{ \AA}$  та  $c = 3,18640 \text{ \AA}$  [3].

Для виготовлення композитів використано SnO<sub>2</sub> з розміром частинок 40 – 150 нм та типовою тетрагональною структурою кристалітів і ПХТФЕ з розміром частинок 200 нм за формою близькою до сферичної. В процесі підготовки зразків для досліджень, суміш ПХТФЕ та SnO<sub>2</sub> ретельно гомогенізували в рідинному акустичному середовищі. Після термообробки в термовакуумній шафі пресували з розплаву полімеру в однакових термобаричних умовах ( $T = 513 \text{ K}$ ,  $p = 32 \text{ МПа}$ ), що відповідає технологічним умовам переробки ПХТФЕ у виробі.

Дослідження концентраційних залежностей густини та пористості полімерних композиційних матеріалів системи ПХТФЕ – SnO<sub>2</sub> проводили методом гідростатичного зважування з використанням установки на основі лабораторних ваг СВА-600-0,01.

Для визначення густини композитів проводили зважування зразків у повітрі та у дистильованій воді.

При розрахунку густини композитів було використано формулу

$$\rho_3 = \frac{m_1 \cdot (\rho_2 - \rho_1)}{(m_1 - m_2)} + \rho_1, \quad (1)$$

де  $\rho_3$  – уявна густина зразка,  $m_1$  – маса зразка в повітрі,  $m_2$  – маса зразка у воді,  $\rho_1$  – густина повітря,  $\rho_2$  – густина дистильованої води при температурі проведення дослідів.

Для визначення пористості проводили додаткове визначення істинної густини зразків, для чого здійснювалось гідростатичне зважування зразків, які попередньо готували шляхом тривалого їх витримування у воді за умов пониженого тиску.

Пористість зразків визначали за формулою

$$W = \left(1 - \frac{\rho_3}{\rho_3'}\right) \cdot 100, \quad (2)$$

де  $\rho_3$  – уявна густина зразка,  $\rho_3'$  – істинна густина зразка.

Дослідження фізико-механічних властивостей ПКМ проводили імпульсним фазовим методом при кімнатній температурі. Для цього використовували вимірювач швидкості та поглинання ультразвуку “УС-12-ИМ”, ультразвукові випромінювач та приймач із буферними стержнями. За показами значень швидкості поширення та коефіцієнту поглинання ультразвуку обчислювали хвильовий опір ( $\chi$ ), модуль пружності ( $E'$ ) та тангенс кута механічних втрат ( $tg\delta$ ).

Хвильовий опір визначали з співвідношення

$$\chi = \rho \cdot c, \quad (3)$$

де  $\chi$  – хвильовий опір;  $\rho$  – густина досліджуваного зразка;  $c$  – швидкість поширення ультразвуку. Модуль пружності – за співвідношенням:

$$E' = \rho \cdot c^2. \quad (4)$$

Тангенс кута механічних втрат [1]

$$tg\delta = 0,231 \frac{c \cdot \alpha}{\pi \cdot \nu}, \quad (5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання ультразвуку;  $\nu$  – частота ультразвуку.

Відносна похибка при дослідженні акустичних властивостей становила: швидкості ультразвуку  $\varepsilon \leq 0,5 \div 1 \%$ ; поглинання –  $4 \div 5 \%$ .

Результати досліджень концентраційних залежностей густини та пористості полімерних композиційних матеріалів системи ПХТФЕ – SnO<sub>2</sub> наведені на рис. 1.

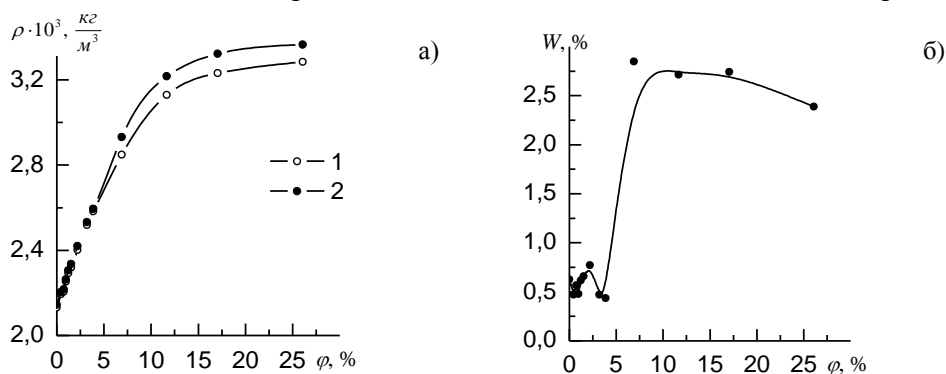


Рис. 1. Концентраційні залежності: а) 1 – уявної та 2 – істинної густини; б) пористості полімероксидних наноккомпозитів системи ПХТФЕ – SnO<sub>2</sub>

Як видно з рис. 1. а уявна та істинна густини зразків відрізняються несуттєво, що яскраво підтверджується значеннями пористості (рис. 1. б). Композити з відсотковим вмістом нанорозмірного SnO<sub>2</sub> в межах  $0 \leq \varphi \leq 13 \%$  (об.) характеризуються значеннями пористості в межах  $0,5 \leq W \leq 0,75 \%$ . Збільшення концентрації до  $\varphi = 20 \%$  призводить до зростання вмісту пор у матеріалі до значення  $W \sim 2,5 \%$ , що є, очевидно, пороговим значенням, оскільки при подальшому зростанні вмісту SnO<sub>2</sub>, вміст пор залишається практично сталим.

Разом з тим, збільшення концентрації наповнювача з більшою густиною ( $\approx 7,036 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>) в полімерній матриці з меншою густиною повинно призводити до помітного

збільшення густини композиту, особливо при незмінній пористості системи. При цьому густина композиту залишається практично сталою ( $\varphi \geq 7\%$ ).

На рис. 2 наведені концентраційні залежності швидкості поширення  $C$  та коефіцієнта поглинання  $\alpha$  ультразвуку на частотах 5, 7,5 та 10 МГц.

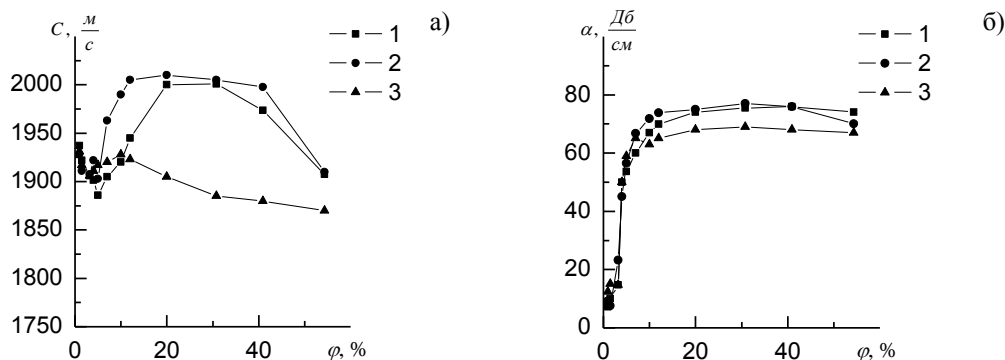


Рис. 2. Концентраційні залежності швидкості поширення  $C$  (а) та коефіцієнта поглинання  $\alpha$  (б) ультразвуку на частотах 1 – 5 МГц; 2 – 7,5 МГц та 3 – 10 МГц відповідно

Сукупний аналіз залежностей  $C = f(\varphi)$  та залежностей  $\alpha = f(\varphi)$  вказує на суттєве зростання пружності композиту у порівнянні із складовими компонентами, а також на те, що коефіцієнт поглинання композитів значно перевищує відповідні показники складових компонентів, і особливо характерних для ПХТФЕ, що, очевидно, пов'язано з розсіюванням ультразвукових хвиль на структурних неоднорідностях системи.

Результати дослідження функціональних залежностей  $\text{tg}\delta = f(\varphi)$  та  $E' = f(\varphi)$  свідчать про чутливість композитів системи ПХТФЕ –  $\text{SnO}_2$  до зміни частоти ультразвукових хвиль та деяке пониження значень при збільшенні частоти. Зазначені особливості досліджуваних матеріалів, очевидно, викликані значними змінами структури складових системи.

Беручи до уваги результати дослідження густини та пористості композитів системи, можна зробити висновок, що одержані полімероксидні наноккомпозити характеризуються низьким рівнем пористості та високими показниками фізико-механічних характеристик, що в свою чергу, дозволяє експлуатувати композити системи ПХТФЕ– $\text{SnO}_2$  за значних навантажень, у складних атмосферних умовах та у присутності агресивних середовищ.

#### Література

1. Перепечко И.И. Введение в физику полимеров. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
2. Паншин Ю.А. Фторопласты. – Л.: Химия, 1978. – 232 с.
3. Bolzan A.A., Fong C., Kennedy B.J., Howard C.J. Structural studies of rutile-type metal dioxides // Acta crystallographica. Ser. B. – 1997. – Vol. 53. – P. 373 - 380.
4. T. Waitra. Ordered nanoporous  $\text{SnO}_2$  gas sensors with high thermal stability / T. Waitra, B. Beckera, T. Wagnera // Sensors and actuators. Ser. B. – 2010. – Vol. 5. – P. 788 - 793.

**Тулженкова О. С. Фізико-механічні властивості полімерних наноккомпозитів системи ПХТФЕ –  $\text{SnO}_2$**

**Анотація.** Методом гарячого пресування отримані полімерні наноккомпозити поліхлортрифторетилен (ПХТФЕ) – діоксид олова ( $\text{SnO}_2$ ). Експериментально досліджені концентраційні залежності фізико-механічних властивостей отриманих наноккомпозитів. Ультразвуковим методом визначені: швидкість поширення, коефіцієнт поглинання, комплексний модуль пружності, тангенс кута механічних втрат та стрибок поглинання ультразвуку при зміні частоти.

**Ключові слова:** полімероксидні наноккомпозити, густина, пористість, комплексний модуль пружності.

**Tulzhenkova O. S. Physical and Mechanical Properties of Polymer Nanocomposites System PCTFE -  $\text{SnO}_2$**

**Abstract.** Polymer nanocomposites systems polychlorotrifluoroethylene (PCTFE) - tin dioxide ( $\text{SnO}_2$ ) obtained by hot pressing. Concentration dependence of physical and mechanical properties of the nanocomposites obtained were investigated experimentally. By ultrasonic method determined the propagation velocity, the absorption coefficient, the complex modulus of elasticity, the tangent of the angle of mechanical losses, and the jump in the absorption of ultrasound as the frequency changes.

**Key words:** polymer-oxide nanocomposites, density, porosity, complex modulus of elasticity.

**Yanchevsky L.K.**

active member of New-York Academy of Sciences,  
chief of laboratory "Thermophysics of polymer compositions"  
National Pedagogical University  
Kiev, Ukraine

## **DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE RELAXATION SPECTRUM OF POLYMERS FROM THE RESULTS OF CALORIMETRIC MEASUREMENTS**

### *1 Introduction*

Investigations of polymers by the methods of relaxation spectrometry have permitted the determination of the following important parameters of the relaxation spectrum: activation energy  $E$  and pre-exponential factor  $B$ . However, some aspects of the mechanism promoting the appearance of the nonequilibrium state, its criteria, as well as the physical meaning of certain relaxation parameters still remain insufficiently elucidated. This report offers a method for the determination of relaxation parameters from data of calorimetric measurements.

Considering the relaxation transition as an activated process, it is necessary to take into account that energy expenditures during transition over a barrier permit that the arising additional degree of freedom at the initial moment of time possesses an energy which is lower than its equilibrium value. This fact is very important for the process of energy exchange between the given kinetic unit and other units for the period of time  $At$ , the scale of which is determined by the relaxation time  $\tau$ . A typical view on the specific heat  $C_p$  and its derivative  $dC_p/dT$  as functions of temperature within the range of the given relaxation transition permits the determination of typical points on the temperature scale:  $T_1$  – onset,  $T_2$  – finish,  $T_i$  – most probable transition temperature.

The probability of transition of a kinetic unit over a barrier at the given temperature is determined by  $\exp\{-U_i/kT\}$  [1] or  $N_x/(N_{oi} \omega_i \Delta t)$ , where  $N_x$  represents the number of successful attempts for the period  $t$  and  $N_{oi}$  the total number of attempts ( $N_{oi}$  is the number of the  $i$ -th kinetic units and  $\omega_i$  the number of natural oscillations of the  $i$ -th kinetic unit which is equal to  $1/B_i$ ). In this case the deviation of the system from the equilibrium state is determined by the number of particles  $N_2$  overcoming the barrier  $U_i$  and not relaxing to the equilibrium value of energy.

The maximum deviation from the equilibrium state agrees with the maximum value  $dC_p/dT$  for  $T = T_i$ . So, the same temperature values should agree with maximum  $N_2$ , i.e.  $dN_2/dT = 0$  for  $T = T_i$ . The value  $N_2$  is determined by the value  $N_{oi}$  and decreases with time as  $\exp(-At/m)$ , where  $At$  is the time interval of observation of the system starting from time  $t_x$  of the transition over the barrier at the given heating rate  $\omega$ . Thus,  $N_2$  is equal to

$$N_2 = N_{oi} \omega_i \Delta t \exp(-\Delta t/\tau) \quad (1)$$

Taking into account the Boltzmann-Arrhenius equation (1) for the transition of a kinetic unit we obtain for the whole subsystem:

$$N_2 = N_{oi} T (T - T_1) / (B_i^2 \omega^2) \times \exp[-U_i/kT - (T - T_1) / (\omega B_i) \exp(-U_i/kT)] \quad (2)$$

Using the maximum condition  $dN_2/dT = 0$  for  $T = T_i$  with allowance of the value of the temperature range of transition  $\Delta T_i = T_2 - T_1 = 2(T_i - T_1)$ , we obtain the value of the probable transition temperature:

$$T_i = U_i / [2.31 R \lg(\Delta T / 2 \omega B_i)] \quad (3)$$

The obtained value  $T_i$  looks analogous to the known formula for the determination of the temperature of the  $i$ -th relaxation transition [3]:



$$T_i = U_i / [2.31 R \lg (C_0 / \omega B_i)] \quad (4)$$

From the formulas (3) and (4) it follows that  $C_0 = \Delta T_i / 2$ , where  $\Delta T_i / 2$  is the half-width of the temperature range of the  $i$ -th relaxation transition. According to the Volken-shtein-Ptitsyn two-level model of glass transition is  $C_0 = RT_i^2 / U_i$ . Thus, one gets

$$U_i = 2RT_i^2 / \Delta T_i \quad (5)$$

The obtained relations permit the determination of the activation energy of the relaxation transition and of the parameter  $C_0$  from calorimetric measurements, and reveal the physical meaning of the parameter  $C_0$  as a half-width of the temperature interval of the relaxation transition. Substituting equation (5) into equation (3) we have

$$\Delta T_i = 2 T_i / [2.31 \lg (\Delta T_i / 2 \omega B_i)] \quad (6)$$

From solution of this equation with respect to  $T_i$  it finally follows:

$$B_i = (\Delta T_i / 2 \omega) \exp (-2T_i / \Delta T_i) \quad (7)$$

### 3 Results and discussion

Table 1. Characteristic parameters of the relaxation spectra of some amorphous polymers

Polymer <sup>(a)</sup>	$T_a$ K	$\Delta T_a / 2$ K	$C_0$ (K) exp.	$U_a$ (kJ/mol)		$B_a \cdot 10^{12}$ (s)	
				lit.	exp.	lit.	exp.
SRD	168	5.5	5.4	43.5	42.8	5	5.3
SRMS-10, [4] cross- linked	200	6.5	6.6	49.8	51.1	5	6.5
SRB [6]	233	7.5	7.2	60.0	60.2	5	4.8
SRMS-30 [3]	231	7.5	7.2	57.0	59.5	5	5.1
SRN-40 [6]	253	8.1	8.1	65.3	65.4	5	5.0
SRMS-10, [4] noncross- linked	193	6.2	6.2	49.8	49.5	5	4.8
SRN-50 [6]	277	8.9	8.7	71.5	71.8	5	5.0
PP, at. [5]	258	8.3	8.2	66.5	66.8	5	4.8
PS [3, 5]	363	11.6	11.7	93.6	95.2	5	4.5
PMMA [2, 5]	378	12.0	12.0	103.5	98.2	5	5.0

<sup>(a)</sup> SRD - synthetic diene rubber  
 SRMS-10 - synthetic methylstyrene rubber (10 % sulphur)  
 SRMS-30 - synthetic methylstyrene rubber (30 % sulphur)  
 SRB - synthetic butadiene-styrene rubber  
 SRN - synthetic nitrile rubber  
 PP, at. - polypropylene, atactic  
 PS - polystyrene  
 PMMA - poly(methyl methacrylate)

All necessary values ( $\Delta T_i$ ,  $T_i$ ,  $C_0$ ) for the determination of  $B_i$  may be obtained from calorimetric measurements. The reliability of these conclusions is confirmed by Table 1, which presents the results of determination of the characteristics  $C_0$ ,  $\Delta T_a / 2$ ,  $U_a$ ,  $B_a$  of the relaxation spectrum of the glass transition process for some amorphous polymers using the suggested procedure and the temperature-frequency studies of dynamic mechanical properties of polymers [2-6].

An analysis of the relation (6) shows that a change of the values  $T_a$  and  $B_a$  in the right part of the equation, which are under the logarithmic sign, exerts only a slight effect on the change of the values  $\Delta T_i$  in the left part, i.e.  $\Delta T_i$  is determined mainly by the value  $T_a$ , which is confirmed by experimental data (Table 1). The temperature range of the main relaxation transition grows with the increase of glass transition temperature. Inserting the values  $C_0 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ K s}^{-1}$  and  $B_a = 5 \cdot 10^{-12} \text{ s}$  as well as the

average value of the half-width of the temperature range of glass transition of about 10 K into the relation (6), we obtain relations for the approximate determination of characteristics of the relaxation spectrum in the process of glass transition of amorphous polymers:

$$C_0 = \Delta T_a / 2 = T_a / 31.32 \quad (8)$$

$$U_a = 31.32 RT_a \quad (9)$$

$$B_a = (T_a / 1.566) 2.5 \cdot 10^{-14} \quad (10)$$

Relations for the determination of  $C_0$ ,  $U_a$  and  $B_a$  at other heating rates may be found in an analogous way.

Thus, a set of relaxation characteristics may be determined by calorimetric methods using the relations (5) to (7) and experimental values  $T_a$  and  $A T_a$ . This set may also be determined approximately by using relations (8) to (10) and only  $T_a$  values. The relation  $C_0 = T_a/31.32$  may be written as

$$C_0 = T_a/31.32 = RT_a/(R \cdot 31.32) = RT_a/260 \quad (11)$$

This relation represents the general rule given by *Bartenev* [2]  $C_0 = RT/260$ , which had been obtained empirically proceeding from the analysis of large experimental data files.

In conclusion, the whole set of characteristics describing the relaxation spectrum of the glass transition process,  $C_0$ ,  $B_a$  and  $U_a$ , may be determined from the results of calorimetric measurements by a single experiment. The part of the procedure presented in this paper is applicable to amorphous polymers containing no ingredients (fillers, plasti-cizers, impurities, oligomers, etc.). With the presence of such additives the glass transition process gets more complex, and values of relaxation characteristics of the glass transition process have to be determined following a different procedure.

#### *References*

1. *L.D. Landau* and *E.M. Livshits*: Statistical Physics (in Russian). Nauka, Moscow 1964.
2. *G.M. Bartenev* and *D.S. Sanditov*: Relaxation Processes in Glass-like Systems (in Russian). Nauka, Novosibirsk 1986.
3. *G.M. Bartenev*, *N.I. Shut*, *M.V. Lazorenko* and *S.V. Baglyuk*: Vysokomol. soed. A29 (1987) 2426.
4. *G.M. Bartenev* and *M.V. Lazorenko*: Vysokomol. soed. B30 (1984) 330.
5. *V.P. Privalko*: Properties of Polymers in Solid State. Vol. 2 (in Ukrainian). Nauk. Dumka, Kiev 1984.
6. *G.M. Bartenev*, *S.V. Baglyuk* and *V.V. Tulinova*: Vysokomol. soed. A30 (1988) 821.

#### **Янчевський Л.К. Визначення параметрів спектра релаксації полімерів з результатів калориметричних вимірювань**

**Анотація.** Запропоновано метод, який дозволяє визначити комплекс релаксаційних характеристик, що описують процес склування аморфних полімерів з результатів калориметричних вимірювань в одному експерименті.

**Ключові слова:** аморфний полімер, калориметричні вимірювання, релаксаційна спектроскопія, склування

#### **Yanchevsky L.K. Determination of the parameters of the relaxation spectrum of polymers from the results of calorimetric measurements**

**Summary.** A method is suggested which allows the determination of a complex of relaxation characteristics describing the process of glass transition of amorphous polymers from the results of calorimetric measurements in one single experiment.

**Key words:** amorphous polymer, calorimetric measurements, relaxation spectrometry, glass transition

**Тематичний напрям**

**Історія, методологія  
і методи навчання  
фізико-математичних  
дисциплін у ВНЗ**

**Секція II**

**Аветісян Є.О.,**  
Студентка 3 курсу,  
фізико-математичний факультет,  
*elly1996@yandex.ru*

**Дятлов Ю.,**  
Кандидат історичних наук,  
доцент кафедри фізики та астрономії  
*dyfilm@ukr.net*

**Шепета О.М.,**  
Кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики та астрономії  
Чернігівський національний педагогічний  
університет імені Т.Г. Шевченка  
Чернігів, Україна  
*olegpustov@mail.ru*

## **ОПЕРАЦІЙНЕ ЧИСЛЕННЯ: ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ**

Потужним апаратом для дослідження багатьох як теоретичних питань, так і прикладних задач, не лише в математиці, а й в інших галузях науки та техніки – є операційне числення. Дуже активно операційне числення використовується в питаннях, які пов'язані з вирішенням лінійних диференціальних рівнянь, а також при дослідженні багатьох питань фізики, механіки, теорії автоматичного регулювання, електротехніки, радіотехніки, теплопровідності, гірничої техніки [5]. Саме від таких великих математиків як Лейбніц і Сервуа бере початок історія операційного числення. Також в цьому напрямку працювали такі вчені, як Буль, Гревс, Хергріву, Джиллет, Мерфі, Кермайл, Кейлі [5]. Великий внесок у розвиток операційного числення зробив Ж. Ліувіль. Взагалі математичні роботи, присвячені операційному численню, з'явилися ще в середині XIX століття.

У 1886 р. швейцарський математик Габриель Ольтрамаре (1816 – 1906 рр.) спробував створити символічне числення. Його дослідження отримали назву функціональне символічне числення. Надалі, завдяки своїм розрахункам, Ольтрамаре отримав велику кількість формул.

Роботи англійського вченого-самоучки, інженера, математика і фізика Олівера Хевісайда (1850-1925 рр.) були опубліковані на початку XX століття, в них досліджувались різні питання електротехніки та електрозв'язку. Хевісайд першим застосував комплексні числа для вивчення електричних кіл, розробив техніку застосування перетворення Лапласа для розв'язання диференціальних рівнянь, сформулював рівняння Максвелла в термінах електричної і магнітної сил та потоків, та незалежно від інших математиків створив векторний аналіз. Хевісайд більшу частину життя не знаходив спільної мови з науковим співтовариством, проте його роботи змінили вигляд як математики, так і фізики на багато років. У 1873 р він розробив теорію ліній передачі (також відому як "телеграфні рівняння") [2].

Також Олівер Хевісайд розробляв і операційне числення. Саме він ввів позначення для диференціального оператора та метод розв'язання диференціальних рівнянь за допомогою зведення їх до звичайних алгебраїчних рівнянь. Хевісайд є автором відомої фрази: "Математика - наука експериментальна, визначення з'являються останніми". Хевісайд взяв за мету виробити метод для вирішення диференціальних рівнянь, де трансцендентна операція диференціювання повинна була бути замінена на алгебраїчну операцію множення. Свої ідеї Хевісайд виклав у другому томі тритомного твору «Електромагнітна теорія».

Найбільш серйозно Хевісайд підійшов до питання про поширення збурень у довгих лініях з урахуванням або без урахування індуктивності самих ліній, а також в лініях, що закінчуються будь-яким повним опором. Ці питання він використовував для застосування операційного числення. Простота вирішення цих, іноді дуже складних завдань, були просто дивовижні.

Хевісайд дуже мало посилається на роботи своїх попередників, таким чином всі положення операційного числення були виведені їм більш-менш незалежно від інших математиків. Також одним з найважливіших результатів Хевісайда є теорема розкладання [5].

В подальшому вагомий внесок у розвиток операційного числення зробив А.М. Данилевський. За освітою він був інженером-електриком, а з 1935 р працював в Математичному інституті Харківського університету. Данилевський був надзвичайно ерудованим у галузі математики, а тому в період роботи в Харківському університеті він опублікував багато досліджень, де особливої уваги заслуговує його робота «Про чисельне рішення хвильових рівнянь». Колега Данилевського, А. М. Ефрос, також був співробітником Математичного інституту Харківського університету, і присвятив багато своїх дослідження проблемам операційного числення. У 1937 р. А. М. Данилевський і О. М. Ефрос опублікували об'ємну роботу з операційних методів числення - «Операційне числення та контурні інтеграли. Ефрос значно доповнив співвідношення, виведені Карсоном, Ван-дер-Поєм і іншими вченими.

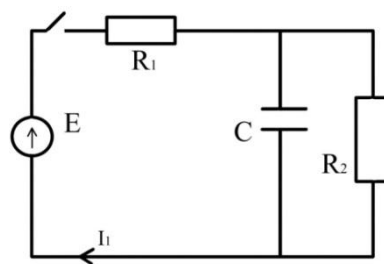
Випускник Харківського політехнічного інституту Айзенберг Яків Єйнович (1934-2003), який почав свою діяльність інженером, а став не лише впливовим вченим-теоретиком, а навіть доктором технічних наук, професором і академіком, присвятив свою наукову діяльність створенню алгоритмів управління ракетою. Серед його робіт не можна не звернути увагу на роботу «Про застосування операційного числення до крайових задач» [4].

Ще один, дійсно великий вчений, який зробив величезний внесок у розвиток науки, це Наум Ілліч Ахієзер (1901-1980). Він також працював у Харківському політехнічному інституті і був засновником кафедри прикладної математики та завідував нею з 1947 р по 1955 р. Наукові результати Н. І. Ахієзера були пов'язані з теорією наближень, проблемою моментів, теорією функцій комплексного змінного, гідромеханікою і теорією сингулярних інтегральних рівнянь. У своїх дослідженнях цей вчений широко використовував методи теорії функцій комплексного змінного. На особливу увагу заслуговує його робота під назвою «Теорія лінійних операторів в гільбертовому просторі». Варто відзначити, що написана вона у співавторстві з І. Н. Глазманом, який був добре обізнаний в галузі символічного числення.

Операційне (символічне) числення широко застосовується на практиці при розв'язанні різних задач науки і техніки. Особливо широке застосування воно має при дослідженні перехідних процесів у лінійних фізичних системах електротехніки, автоматики, радіотехніки і телемеханіки.

Розглянемо на прикладі використання операційного числення для розрахунку нескладних систем змінного струму.

Приклад. Знайти перехідний струм  $i_1$  електричного кола, зображеного на рис. 1, після комутації при дії постійної ЕРС  $E = 10\text{В}$ . Параметри кола:  $R_1=R_2=10\text{ Ом}$ ,  $C=10^{-3}\text{ Ф}$ .



(Рис.1)

Розв'язування. При  $t=0$  вмикається постійна напруга  $E$ . За законом Ома операторний струм  $I_1(p) = \frac{E(p)}{Z(p)}$ . Для паралельних гілок, що містять  $C$  та  $R_2$ , операторний опір дорівнює  $\frac{R_2}{C * R_2 * p + 1}$ . Тому для всього контура будемо мати (тепер розглядаємо послідовне з'єднання з  $R_1$ ):  $Z = R_1 + \frac{R_2}{C * R_2 * p + 1} = \frac{C * R_1 * R_2 * p + R_1 + R_2}{R_2 * C * p + 1}$ .

При такому з'єднанні операторний струм буде дорівнювати:  $I(p) = \frac{V(p)}{Z(p)} = \frac{E}{p} * \frac{R_2 * C * p + 1}{C * R_1 * R_2 * p + R_1 + R_2} = \frac{E (R_2 * C * p + 1)}{p (C * R_1 * R_2 * p + R_1 + R_2)}$ .

Підставляємо дані з умови:  $I(p) = \frac{0,1p+10}{p(0,1p+20)} = \frac{p+100}{p(p+200)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+200} = \frac{0,5}{p} + \frac{0,5}{p+200}$ .

За даним зображенням легко знаходиться оригінал  $i(t)$ :  $i(t) = 0,5 + 0,5e^{-200t}$ .

Відповідь:  $i(t) = 0,5 + 0,5e^{-200t}$  [1].

Отже, як висновок можна сказати, що теорія операційного числення в сучасній математиці має велике значення як логічне продовження вивчення числа, способів вирішення різних фізичних задач. Саме з цих причин курс операційного числення є необхідним для студентів ВНЗ фізико-математичного профілю.

### Література

1. Авдєєва Т.В. Операційне числення та його використання. – Київ, 2017
2. Болотовский Б. М. Оливер Хевисайд / Болотовский Б. М.– М.: Изд. "Наука", 1985.– 259с.
3. Петрова С. С. О. Хевисайд и развитие символического исчисления / Петрова С. С. – ИМИ, 1985.– вып. 28.– С. 98–122.
4. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л. Харьковский политехнический университет. Ученые и педагоги / ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л. – ХПИ, 2004.–223 с.
5. Штокало И.З. Операционное исчисление (Обобщения и приложения) Издательство «Наукова Думка» Киев 1972. — 279 с.

**Аветісян Є.О., Дятлов Ю.В., Шепета О.М. Операційне числення: історичні аспекти.**

**Анотація:** В статті розповідається історія створення операційного числення та використання його для розрахунку нескладних схем змінного струму. Цікаві історичні відомості розкриті у статті, дозволяють використовувати цей матеріал на лекціях з фізики, математики та електротехніки. Розкрито переваги операційного числення перед іншими методами розрахунку нескладних схем змінного струму.

**Ключові слова:** операційне числення, інтегральні перетворення, символічне числення, комплексні числа, телеграфні рівняння, перетворення Лапласа, оператор, крайові задачі, теорія наближень, проблема моментів, теорія функцій комплексного змінного, теорія сингулярних інтегральних рівнянь.

**Avetisyan E., Dyatlov Y., Shepeta O. Operational calculus: historical aspects.**

**The abstract.** The article tells the story of the creation of operational calculus and use it to calculate simple AC circuits. Interesting historical information disclosed in the article allow you to use this material in lectures on physics, mathematics and electrical engineering. Operational calculus reveals advantages over other methods of calculating simple AC circuits.

**Key words:** operational calculus, integral transformation, symbolic calculus, complex numbers, telegraph equations, Laplace transform, operator, boundary value problems, approximation theory, the problem points, complex variable theory, the theory of singular integral equations.



Здесь  $x_j, j = \overline{1, n}$  неизвестные  $b_j, j = \overline{1, n}$  свободные члены,  $a_{kj}, k, j = \overline{1, n}$  коэффициенты.

При решении этих алгебраических систем уравнений с помощью ЭВМ во многих случаях используется метод Гаусса.

Удобность этого метода в том, что, начиная со второго уравнения с помощью математического обмена по порядку сокращается по одной неизвестной до тех пор, пока в последнем уравнении не останется одна неизвестная величина. Решив уравнение с одной неизвестной можно в обратном порядке решить остальные уравнения находящиеся выше. Определение алгоритма решения систем линейных алгебраических уравнений с помощью метода Гаусса изучается в таких дисциплинах как информатика, вычислительная техника и программирование. Поэтому мы не будем останавливаться на этих задачах. Но стоит отметить то, что хорошо овладевшие знаниями студенты при решении линейных алгебраических уравнений методом Гаусса легко могут составлять алгоритмы и программы этих уравнений.

Теперь рассмотрим несколько задач приведённых к системе линейных алгебраических уравнений.

Нам известно, что в недрах земли, слои нефти и газа находятся под большим давлением. Но нам неизвестно, на какой глубине находится точка горизонтального среза слоя с высоким давлением. Эту проблему можно решить математическим методом.

Значение давления на границе горизонтального слоя при определённой глубине продуктивного слоя запасов нефти и газа определяется в процессе бурения разведываемых скважин (эти скважины используются и для других целей). Значит, можно рассмотреть заранее известные граничные значения. Как известно из курса математики, зная значения функции на границе какой-либо сферы в уравнении Лапласа, можно определить значения функции внутри этой сферы. Существующие точки с высоким давлением, действующем на него в горизонтальном разрезе нефтегазовых жидкостей можно определить, используя уравнение Лапласа при некоторых физико-математических уравнениях. Если мы будем производить расчёт этой задачи в трёхмерном пространстве, то сможем вычислить глубину исследуемой точки. Эта задача не создаст трудностей, так как на сегодняшний день разработаны новейшие специальные программы компьютерной технологии. Сущность задачи состоит в том, что в нефтяных месторождениях существует линия ограничения продуктивного слоя, по которому бурятся разведываемые скважины и берутся значения давлений по границе при одинаковой глубине. Опираясь на полученные результаты, находим точку с самым высоким давлением внутри границы и с этой точки опускаем рабочую установку.

Возможность решения системы линейных уравнений математики необходима и при решении других физико-математических задач. Например, протекание в сторону скважины нефтегазовых жидкостей через пористую среду, возникающие колебательные движения вдоль и поперёк в электропроводах, при изучении электромагнитных плоскостей. Решение аналитическим методом уравнения Лапласа не всегда даёт ожидаемые результаты. Поэтому дифференциальные уравнения в частных производных в этих задачах с помощью метода



конечной разности приводится к системе линейных алгебраических уравнений. Решив эти системы линейных алгебраических уравнений, находится приближенное решение исследуемой задачи.

Решение задач по статике, являющейся разделом теоретической механики, приводит к решению уравнений статики в виде линейных алгебраических уравнений. Для плоских сил уравнений статики будет три, для пространственных сил – шести видов. Кроме этого, рассматривая равновесие тел сложной конструкции, то есть состоящее из 2-ух или 3-ёх соединённых тел, количество уравнений будут 6 и 9.

Кроме этого, многие задачи по электротехнике, например, «Определение силы тока, методом миноров для цепей постоянного тока, распределённой энергии нескольких источников соединённых к некоторым участкам» приводится к системе линейных алгебраических уравнений.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: знание студентами алгоритма решения системы линейных алгебраических уравнений, получаемых при выполнении лабораторных работ, уравнений математической физики, при получении результатов в расчётно-графических работах, во многих других технических дисциплинах таких, как электротехника, в сопротивлении материалов и теоретическая механика создаёт возможность решения таких систем линейных алгебраических уравнений с помощью создания программ для выполнения расчётов на ЭВМ.

#### Литература

1. Техника олий таълимида фанлараро алоқадорлик муаммолари. Илмий мақолалар тўплами ТошДТУ. 1992 йил. 51 б.

2. Аликулов Т.А. Нефт ва газ суюқликларининг энг катта босимга эга бўлган нукталарини математик физика тенгламалари ёрдамида аниқлаш. Республика илмий-амалий конференцияси материаллари Қарши 2013 й. 279-282 бетлар.

#### **АЛИКУЛОВ Т.А. РОЛЬ МАТЕМАТИКИ У ВЗАИМОЗВ'ЯЗКУ ДИСЦИПЛІН У ТЕХНІЧНИХ ВУЗАХ**

**Анотація.** У статті висвітлено питання взаємозв'язку таких дисциплін, як вища математика, інформатика, теоретична механіка і електротехніка в процесі навчання у вищих технічних навчальних закладах на прикладі однієї теми вищої математики.

**Ключові слова:** взаємозв'язок між предметами, метод Гаусса, рівняння алгебри, алгоритм вирішення.

#### **Аликулов Т.А. РОЛЬ МАТЕМАТИКИ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ**

**Аннотация.** В статье освещены вопросы взаимосвязи таких дисциплин, как высшая математика, информатика, теоретическая механика и электротехника в процессе обучения в высших технических учебных заведениях на примере одной темы высшей математики.

**Ключевые слова:** взаимосвязь между предметами, метод Гаусса, алгебраическое уравнение, алгоритм решения.

**Abstract.** The article highlights the interrelationship of such disciplines as higher mathematics, computer science, theoretical mechanics and electrical engineering in the process of training in higher technical educational institutions on the example of a topic of higher mathematics.

**Key words:** interrelation between objects, Gauss method, algebraic equation, decision algorithm

**Благодаренко Л.Ю.**  
доктор педагогічних наук, професор,  
професор кафедри загальної та прикладної фізики,  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова,  
м. Київ, Україна  
*blagodarenkolyu@ukr.net*

## **МЕТОДИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАСІБ СТАНОВЛЕННЯ ДИСКУРСИВНОГО ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ**

В умовах зниження уваги держави до природничо-математичної освіти потребують створення відповідні методичні розробки для формування у студентів уміння вчитися. Зокрема, структуризація навчального матеріалу з фізики має відображати певну методичну модель організації навчальної діяльності студентів. Очевидно, що елементи цієї моделі повинні розроблятися з урахуванням закономірностей розумового розвитку студентів, їх вікових та індивідуальних особливостей, рівня підготовленості певного студентського колективу. Зрозуміло, що формування у студентів усвідомлених і міцних знань передбачає вдосконалені методики і технології навчання, спрямовані на активізацію їх пізнавальної діяльності, розвиток самостійності, ініціативи, розширення її участі студентів у набуванні знань.

Сьогодні підвищення ефективності навчально-виховного процесу з фізики багато в чому залежить від підсилення уваги викладачів до навчальної діяльності студентів. Відомо, що якісно може бути засвоєний той навчальний матеріал, який не лише сприйнятий студентом під час аудиторних занять зі слів викладача, а продуманий ним, усвідомлений і застосований на практиці, інакше кажучи, такий, який став об'єктом навчальної діяльності студента. Але досить часто викладачі віддають перевагу традиційним підходам до навчання, посиляючись на те, що у студентів відсутні необхідні уміння і навички, вони витрачають на виконання тих чи інших завдань досить багато часу і, до того ж, виконують їх на недостатньому рівні. На нашу думку, така аргументація є помилковою, оскільки саме у навчальному процесі при вивченні фізики студенти можуть і мають опанувати відповідні уміння і навички, навчитись самостійно набувати знання та застосовувати їх на практиці. А це передбачає активну участь студентів у ході аудиторних занять, виконання ними з кожної теми дисципліни «Загальна фізика» системи самостійних завдань, які забезпечать досягнення цілей навчання, в тому

Які ж уміння і навички мають бути сформовані або розвинені у процесі навчання фізики? У загальній формі відповідь на це питання може бути сформульована таким чином: це уміння і навички навчальної діяльності. Але ця відповідь передбачає багатоплановість, оскільки до умінь і навичок навчальної діяльності відносяться такі, як загальнонавчальні, інтелектуальні та спеціальні. Проте, недостатня ефективність навчальної діяльності студентів з фізики та нераціональне використання часу аудиторних занять, що має місце у багатьох випадках, найчастіше обумовлені тим, що рівень сформованості у студентів деяких

загальнонавчальних умінь і навичок є невідповідним. Тому, починаючи працювати зі студентами, викладач має, насамперед, виявити, якими вміннями і навичками, необхідними для успішного засвоєння фізичних знань, вони володіють, і в якій мірі. Очевидно, що така процедура не може бути стандартизованою, оскільки все залежить від особливостей студентського колективу, навчального закладу, регіону. Але проведення діагностичних процедур є необхідною складовою діяльності викладача, оскільки від рівня сформованості у студентів основ навчальної діяльності залежить якість фізичної освіти.

Як показує практика, викладачі фізики приділяють найбільшій увазі спеціальним вмінням і навичкам і пояснюють це обмеженістю часу занять, необхідністю виконання програми з фізики за таких умов, відмінностями у рівнях підготовки студентів. Такий підхід може суттєво вплинути на будь-які зусилля викладача щодо забезпечення студентів глибокими і міцними знаннями. Зупинимось на одному з найбільш важливих загальнонавчальних

умінь – умінні працювати з підручником як основним джерелом знань. Важливість цього виду умінь пояснюється, насамперед, тим, що найважливішим засобом у процесі самоосвіти є книга, тому до роботи з книгою молодь необхідно ретельно готувати. Для досягнення цієї мети найбільш доцільно використовувати підручник, оскільки він є основною навчальною книгою студента, а тому саме у процесі роботи з підручником у студентів найкращим чином розвиваються пізнавальні здібності, забезпечується усвідомлення ними нових знань, формуються навички самостійної діяльності.

Саме тому досвідчені викладачі сприймають підручник як важливий фактор успішності викладання та використовують його для навчання студентів прийомів роботи з навчальною літературою, для усвідомленого засвоєння ними навчального матеріалу. Очевидно, що найбільш ефективно вміння працювати з підручником фізики формуються за умов, коли це відбувається в декілька етапів. На першому етапі слід приділити увагу формуванню у студентів умінь одержувати необхідну інформацію з рисунків, таблиць, схем, графіків. На другому етапі завдання ускладнюються: від студентів вимагається самостійне виділення головних ідей в запропонованому тексті, розв'язання проблемних ситуацій з використанням тексту, його узагальнення. На третьому етапі формуються вміння самостійно працювати зі складним текстом, аналізувати його, логічно структурувати навчальну інформацію.

Методична модель актуалізації і формування компонентів навчальної діяльності студентів при роботі за підручниками фізики може бути реалізована за трьома основними напрямками: 1. Пряме використання навчального тексту з метою формування відповідних когнітивних схем як основ навчальної діяльності. 2. Виділення в навчальному тексті змістовних і логічних ліній з метою організації продуктивної інтелектуальної діяльності студентів. 3. Перетворення тексту в інформаційно невизначений, що дозволяє структурувати викладення навчального матеріалу в аспекті проблемного навчання.

Розглянемо більш детально основні методичні прийоми організації роботи студентів з підручниками фізики.

Першочерговим завданням викладача є навчання студентів прийомів роботи з текстом підручника. Усі незнайомі слова, терміни, вирази, назви (у тексті вони виділені) слід

пояснювати за допомогою як підручника, так і додаткових матеріалів (словник, довідник, мережа Інтернет). У процесі такої роботи студенти будуть оволодівати фізичною термінологією, набувати навичок аналізу навчального тексту і текстової інформації взагалі. Це, в свою чергу, дозволить студентам подолати певні когнітивні ускладнення, які виникають в них у зв'язку із необхідністю засвоєння способу одержання нових знань для подолання інформаційної невизначеності. У ході пояснення нового матеріалу після вивчення основних ознак або властивостей того чи іншого фізичного об'єкту корисно пропонувати студентам самостійно сформулювати його означення. Зрозуміло, що це доцільно робити у тому випадку, коли студенти вже одержали необхідні попередні знання. Після цього студенти порівнюють наведене ними формулювання з тим, що пропонується у підручнику. Використання такого методичного прийому розвиває у студентів уміння формулювати означення фізичних об'єктів на основі аналізу їх ознак та змісту. При цьому у процесі порівняння формулювань, які запропоновані ними самостійно, із формулюваннями у підручнику, студенти усвідомлюють значення правил стилістики при побудові наукового тексту, оскільки у більшості випадків заміна місцями слів або словосполучень веде до зміни змісту фізичного поняття. Отже, підручник слугує засобом навчання студентів умінь щодо подання інформації у формі означення. Очевидно, що це сприяє розвитку мовної діяльності та осмисленому сприйняттю понятійного апарату фізики. Ефективним є методичний прийом, який передбачає класифікацію і узагальнення студентами навчальної інформації, викладеної у підручнику. Результатом такої роботи є не лише виявлення в кожному інформаційному блоці зв'язків, необхідних для формування наукових понять, але й виділення у межах цих зв'язків попередніх знань, які задіюються при засвоєнні нових. Крім того, будь-які дії щодо класифікації та узагальнення наукової інформації дозволяють структурувати послідовність розв'язання певних питань, проблем, висвітлюють логіку пошуку. Важливим компонентом методичної моделі є робота студентів по перетворенню структури тексту підручника у проблемну форму. Деякі параграфи (або пункти) доцільно пропонувати студентам для самостійного опрацювання. Це можна робити у тих випадках, коли навчальний матеріал параграфу не містить складних понять, теоретичних висновків, світоглядних питань. Відповідно, для самостійного опрацювання параграфу студенти повинні мати попередню підготовку. Після виконання таких завдань необхідно перевірити, чи правильно студенти зрозуміли навчальний матеріал і на якому рівні його засвоїли, які питання визнали головними, якого фізичного тлумачення надали тим чи іншим елементам фізичного знання.

Запропонована методична модель передбачає різні види навчальної діяльності студентів, у процесі яких вони мають можливість опанувати знаннями відповідно до освітнього стандарту та поглибити їх за рахунок інформаційних блоків, які передбачають зв'язок між нормативними знаннями та додатковим навчальним матеріалом (наукові факти, фізичні поняття, експериментальні дані, професійно-орієнтовані, політехнічні та історичні відомості). Викоалач за допомогою підручника визначає напрям інформаційного і пропедагогічного моделювання навчально-виховного процесу відповідно до цілей і завдань навчання і розвитку студентів, складу і структури наукового знання, а також психолого-педагогічних умов. Досвід особистої педагогічної діяльності свідчить про те, що робота за

підручником фізики, яка систематично планується викладачем, активізує розумову діяльність студентів, розвиває в них уміння щодо користування додатковою літературою та іншими джерелами інформації, забезпечує ефективне засвоєння навчального матеріалу з фізики. Слід зауважити: при організації роботи студентів за підручником фізики викладачу необхідно планувати різні прийоми діяльності і використовувати їх у комплексі, що забезпечить досягнення поставлених навчальних цілей, інтеграцію соціальних і освітніх стратегій навчання. Таким чином, можна стверджувати, що запропонована методична модель актуалізації і формування компонентів навчальної діяльності студентів забезпечує становлення в них дискурсивного фізичного знання, а, отже, дозволяє у повній мірі реалізувати принцип наступності у навчанні фізики.

### Література

1. Благодаренко Л.Ю. Складові навчальних досягнень студентів з дисципліни «Загальна фізика», критерії їх оцінювання та засоби діагностики /Л.Ю. Благодаренко // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Збірник наукових праць. Випуск 18. – С. 28– 31.

2. Благодаренко Л.Ю. Нова навчальна програма з фізики для студентів напряму підготовки «Фізика\*» педагогічних університетів / Благодаренко Л.Ю., Шут М.І.// Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Зб. наукових праць. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – № 11. – С. 10-15.

#### **Благодаренко Л.Ю. Методична модель формування компонентів навчальної діяльності студентів як засіб становлення дискурсивного фізичного знання.**

Наголошено, що в умовах зниження уваги держави до природничо-математичної освіти потребують створення відповідні методичні розробки для формування у студентів уміння вчитися. Запропоновано методичну модель актуалізації і формування компонентів навчальної діяльності студентів, яка забезпечує становлення в них дискурсивного фізичного знання.

**Ключові слова:** методична модель формування компонентів навчальної діяльності, дискурсивне фізичне знання.

#### **Blagodarenko, L. Yu. Methodical model of formation of components of educational activity of students as a means of formation of a discursive knowledge of the physical.**

It is noted that in the face of declining government attention to mathematics and science education require the creation of relevant methodological developments for the formation of students ' ability to learn. The proposed methodological model of mainstreaming and forming components of learning activities of students, which provides them discursive formation of physical knowledge.

**Key words:** methodical model of formation of components of educational activity, discursive physical knowledge

**Благодаренко Л.Ю**  
доктор педагогічних наук, професор,  
професор кафедри загальної та прикладної фізики,  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова,  
м. Київ, Україна.  
*blagodarenkolyu@ukr.net*

**Семенишена Р.В.,**  
кандидат педагогічних наук,  
викладач кафедри фізико-математичних та загально технічних дисциплін,  
Подільський державний аграрно-технічний університет,  
м. Кам'янець-Подільський, Україна  
*ruslanas@i.ua*

### **ЗДІЙСНЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОЦЕДУР В НАВЧАННІ ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ**

Нині практика тестування у вищій школі зазнає все більшого поширення, але невід'ємною складовою навчання фізики воно ще не стало. Це можна пояснити як недосконалістю необхідного навчально-методичного забезпечення, так і відсутністю у викладачів фізики бажання залучитись до інноваційного контрольо-оцінювального процесу, а також взяти активну участь в розробленні, створенні та використанні тестових завдань. На сьогоднішній день у практиці перевірки знань студентів переважають такі основні форми контролю, як усне опитування і письмові роботи. Кожна з цих форм має, безумовно, позитивні риси, але, разом з, тим і цілий ряд суттєвих недоліків. Так, усне опитування є вибірковою формою контролю знань окремих студентів, до того ж воно потребує значного часу на аудиторних заняттях. Письмова робота є вкрай трудомісткою та неоперативною. У більшості випадків викладач не встигає перевірити роботи студентів до наступного заняття, а тому не має достатньої інформації щодо рівня засвоєння студентами попереднього навчального матеріалу. До того ж обидві ці форми контролю можуть мати певні негативні наслідки, пов'язані з необ'єктивним оцінюванням знань студентів. Позбавленою від цих недоліків є тестова форма контролю знань. Тестування дозволяє викладачеві оперативно перевірити рівень знань студентів і своєчасно відкоригувати рівень опанування ними нового матеріалу, приділяючи більшої уваги тим питанням, які були недостатньо засвоєні. Крім того, тестування вимагає мінімальних витрат часу, а тому його можна проводити регулярно, що привчає студентів до своєчасного виконання домашніх завдань. Педагогічний досвід показує, що у поєднанні з іншими формами контролю знань студентів тестування є ефективним засобом, який дозволяє стимулювати їх підготовку до кожного заняття, завдяки чому підвищується мотивація до вивчення фізики. Важливо відмітити ще й той факт, що тестування – потужний засіб полегшення і прискорення самостійної діяльності студентів. У цьому напрямі головною перевагою тестування є те, що студент може коригувати свою навчальну діяльність, здійснювати самоконтроль і самооцінювання. Отже, сьогодні необхідно створити такі умови, які будуть сприяти впровадженню методик тестування в структуру традиційного контролю знань студентів. При цьому глибинний зміст тестового контролю полягає не в одноразових процедурах тестування, а у створенні цілісної системи навчання і контролю, моніторингу і аналізу якості освіти. Сьогодні ми ще не осмислили остаточно місця, ролі, можливостей та обмежень тестування у навчально-виховному процесі з фізики. У суспільних та педагогічних колах багато йдеться про непридатність тестових завдань для перевірки знань студентів з фізики. Ми готові залучитись до дискусії з цього приводу. Можливо, у галузях гуманітарних та суспільних наук підходи до тестування є більш визначеними. Але фізика – наука фундаментальна, а тому оцінити рівень її засвоєння можна лише за глибинним розумінням наукових основ, оволодінням стилем мислення, який притаманний фізиці, уміннями користуватись модельним підходом до аналізу явищ і

процесів, наявністю навичок щодо розв'язання не лише ідеалізованих, але й реальних фізичних задач. Проте більшість тестів, які пропонуються для студентів, містять завдання на виявлення їх здатності щодо розрізнення та співвіднесення фізичних об'єктів і процесів, відтворення інформації, розв'язання типових задач. Очевидно, що перевірити рівень засвоєння фізики за допомогою таких тестів складно, оскільки як метод контролю вони є досить обмеженими. Крім того, незважаючи на те, що тестування зайняло міцні позиції в освіті, а до підготовки тестових завдань залучаються фахівці, об'єктивність оцінювання знань з фізики на підставі тестів для багатьох науковців і освітян сьогодні не є очевидною. Тестування – нова форма контролю і оцінювання знань для української освіти, отже, необхідно шукати і нових шляхів підвищення об'єктивності тестових завдань, більш досконалих засобів їх подання та роботи з ними, щоб на практиці підтвердити відповідність результатів тестування до рівня фізичної освіти студентів.

Все вищесказане призводить до висновку, що сьогодні головним фактором покращення практики тестування з фізики може стати перегляд змісту тестових завдань. Зрозуміло, що ті види тестових завдань, які сьогодні в основному використовуються, мають свої позитивні риси і можуть бути задіяні у тестуванні з різними навчальними цілями на різних етапах навчальної діяльності. Але ми пропонуємо використовувати у тестуванні з фізики якісні завдання з вибором відповіді та з альтернативними відповідями і вважаємо, що відсоток таких завдань у тестуванні повинен бути найбільшим. Аналіз відповідей на якісні завдання свідчить про те, що більшість студентів можуть лише розпізнати фізичні явища та назвати закони і формули, які можна використати для розв'язання завдання. При цьому вони зазнають значних ускладнень при формулюванні логічних пояснень. Це ще раз підтверджує наше переконання в тому, що якісні завдання необхідно більш цілеспрямовано використовувати в процесі вивчення фізики, а також включати їх до різних форм контролю знань студентів, зокрема тестування.

Важливо відзначити, що успішність розв'язання студентами якісних завдань зумовлюється не лише відтворенням базових знань, але й їх творчою перебудовою та втіленням в евристичну діяльність, яка передбачає одержання нового інтелектуального продукту. Оскільки всі якісні завдання мають проблемний характер, то їх важливість у навчанні фізики є виключною. Вони дозволяють студентам усвідомити перспективи розв'язання тієї чи іншої проблеми, висвітлюють її на фоні формальних знань, допомагають з наукової точки зору сприйняти відомі факти, ілюструють звичні явища навколишнього середовища. Більшість якісних задач відображають для студентів нові зв'язки між відомим і невідомим, які ще не увійшли в систему знань студентів та не закріплені в їх пам'яті. Це стимулює мислення студентів, спрямовує до нових інтерпретацій. Пізнавальні дії студентів у процесі розв'язання якісного завдання спрямовуються не лише на виявлення суттєвих характеристик завдання, але й на їх ретельне пояснення та науковий аналіз. Актуалізація розв'язання якісного завдання вимагає від студентів дискурсивних дій і висновків, що сприяє розвитку і формуванню в них інтелектуальних умінь.

Відповідно, відповіді до якісних завдань повинні бути ретельно розроблені з урахуванням поставлених навчальних цілей та умов навчально-виховного процесу. На жаль, деякі викладачі вважають, що будь-яке запитання можна перетворити на тестове, якщо скласти до нього декілька відповідей. Такий підхід, а також відсутність урахування цілого ряду особливостей при складанні тестових завдань призводять до зниження їх педагогічної ефективності. При цьому достовірність інформації щодо рівнів навчальних досягнень студентів, одержаної на підставі тестів низької якості, знижується. Зустрічаються варіанти завдань, в яких окрім помилок у фактичному матеріалі має місце ще й неоднозначне тлумачення запитань та відповідей, які до них пропонуються, однотипні запитання, некоректні формулювання. Дуже часто помилковість неправильних відповідей є настільки очевидною, що студент легко може угадати правильну відповідь методом логічного виключення неправильних відповідей. Отже, слід підвищувати якість тестових завдань. І в першу чергу, це стосується тестових завдань якісного характеру, використання яких має

суттєві переваги порівняно з традиційним підходом до форми якісних завдань. Очевидно, що складність якісного завдання визначається рівнем невизначеності його змісту. Проте, чим складнішим є якісне завдання, тим більше підходів до його розв'язання можуть запропонувати студенти. Тому при розв'язуванні якісних завдань, на відміну від розрахункових, виразною стає тенденція до детермінованості у способах розв'язання, адже, від студентів вимагається не лише ретельний аналіз вихідних умов завдання, але й їх самостійне виявлення. На нашу думку, якісним завданням слід вважати лише таке завдання, до якого не можна застосувати відомі алгоритми знаходження способу розв'язання, передбачити послідовність і результат дій. Правильні відповіді до якісних завдань повинні містити відповідь на поставлене у завданні запитання (зокрема, що буде спостерігатись, яке явище відбудеться, які дії потрібно виконати) та повне логічне пояснення, яке відображає суть явищ і процесів і з якого стає очевидно, чому це відбувається, чому спостерігається саме таке явище, чому потрібно виконати саме такі дії. Неправильні відповіді повинні бути складені з урахуванням типових помилок, яких припускаються студенти. З цією метою викладач має сформулювати якісне завдання так, якщо б воно було запропоноване студентам з різними рівнями навчальних досягнень, використовуючи їх логіку та підходи до розв'язання. Неправильні відповіді повинні сприйматись як правдоподібні, що буде вимагати від студентів аналізу кожної відповіді на предмет виявлення її помилковості.

Для викладача процес роботи з тестовими завданнями якісного змісту забезпечує можливість формування у студентів усвідомлених знань, моделювання механізму педагогічного впливу відповідно до навчальних цілей. Очевидно, що переведення інформації в структуру запитань вимагає цілісного відтворення її змісту. Зрозуміло, що методика використання якісних завдань ґрунтується на професійній ерудиції викладача, його творчих здібностях, дослідницькому підході до аналізу інформації, усвідомленні викладачем навчальних цілей та можливостей їх реалізації в конкретному навчально-виховному процесі. Використання якісних завдань буде найбільш ефективним, якщо викладачем здійснений ретельний і глибокий аналіз кожного якісного завдання з урахуванням тих функцій, які на нього покладаються, розроблена методика керування діяльністю студентів у процесі розв'язання якісного завдання із задіянням евристичних прийомів та логічних способів аналізу змісту завдання.

#### Література

1. Благодаренко Л.Ю. Якісні задачі як засіб розвитку в учнів способів евристичної пізнавальної діяльності у процесі навчання фізики / Благодаренко Л.Ю., Лозова І.В.// Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Зб. наукових праць. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – № 10. – 230 с. – С. 5-9.

2. Благодаренко Л.Ю. Складові навчальних досягнень студентів з дисципліни «Загальна фізика», критерії їх оцінювання та засоби діагностики /Л.Ю. Благодаренко // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Збірник наукових праць. Випуск 18. – С. 28– 31.

#### **Благодаренко Л.Ю., Семенишена Р.В. Здійснення діагностичних процедур в навчанні фізики з використанням тестових завдань.**

Констатовано, що тестування ще не стало невід'ємною складовою навчання фізики. Це можна пояснити як недосконалістю необхідного навчально-методичного забезпечення, так і складністю переходу до інноваційного контроль-оцінювального процесу. Наголошено, що глибинний зміст тестового контролю полягає не в одноразових процедурах тестування, а у створенні цілісної системи навчання і контролю, моніторингу і аналізу якості освіти.

**Ключові слова:** тестування, інноваційний контроль-оцінювальний процес, тестові завдання якісного змісту.

#### **Blahodarenko L.Yu., Semenyshena R.V. Implementation of diagnostic procedures in teaching physics using test tasks.**

Ascertained, testing has not yet become an integral part of teaching physics, which can be attributed to the failings of the required teaching of and complexity of the transition to an innovative control Assessment process. Emphasized that the deeper meaning of test control is not disposable test procedures, and to create an integrated system of training and supervision, monitoring and analysis of the quality of education

**Key words:** testing innovative control Evaluation process quality content tests.



**Бойчук В.М.,**  
кандидат хімічних наук,  
доцент кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»,  
*vmbojchuk@gmail.com*

**Стинська В.В.,**  
кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри педагогіки ім. Б. Ступарика  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»,

**Паращук Т.О.,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри медичної інформатики, медичної і біологічної фізики  
Івано-Франківського національного медичного університету,

**Гасюк І.М.,**  
доктор фізико-математичних наук,  
декан фізико технічного факультету  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»  
Івано-Франківськ, Україна

## **ПРОЕКТИ ЯК ІННОВАЦІЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ**

Проектна діяльність – одна з найперспективніших складових освітнього процесу, тому що створює умови творчого саморозвитку та самореалізації учасників навчально-виховного процесу, формує всі необхідні життєві компетенції, самостійне здобування знань. Їх систематизація, можливість орієнтуватися в інформаційному просторі, бачити проблему і приймати рішення відбуваються саме через метод проекту.

Інтерпретація сучасних вчених проектної діяльності неоднозначна: прогнозування (Б.С. Гершунський, В.І. Загвязінський, Л.М. Зеленіна та ін.); покрокове планування (В.П. Беспалько, Т.О. Стефановська та ін.); індивідуальне уявлення педагога про власну майбутню діяльність (В.В. Краєвський, І.Я. Лернер та ін.); впровадження новітніх форм спільності учасників освітнього процесу, нового змісту і технологій освіти, способів і технологій педагогічної діяльності та мислення (Н.Б. Крилова, В.І. Слободчиков, Т.О. Піроженко та ін.); розвиток творчої діяльності, спрямованої на розробку та реалізацію освітніх проектів як комплексів інноваційних ідей (Н.Б. Борисова, Н.В. Кузьміна та ін.).

З точки зору учня (вихованця), навчальний проект – це можливість щось виконати в групі чи самостійно, максимально використовуючи свої можливості. Це діяльність, яка дає змогу виявити себе, випробувати свої сили, докласти свої знання, принести реальну користь, публічно показавши результат. Виконання проекту – це діяльність, спрямована на розв'язання значущої проблеми, зазвичай сформульованої самим учнем (або учнями). Результат такої діяльності має практичний характер та важливе прикладне значення.

З точки зору педагога, проектна діяльність – це освітня технологія, націлена на здобуття учнями знань у тісному зв'язку з реальною життєвою практикою, формування в них специфічних умінь та навичок завдяки системній організації проблемно-орієнтованого навчального пошуку, це засіб розвитку, навчання і виховання, що дозволяє розвивати і формувати в учнів специфічні вміння, а саме:

- планувати свою роботу, попередньо прораховуючи можливі результати;
- використовувати велику кількість джерел інформації, виокремлювати та засвоювати необхідні знання з інформаційного поля;
- самостійно збирати, систематизувати і накопичувати матеріал;
- проводити дослідження (аналіз, синтез, висування гіпотези, деталізація та узагальнення);
- співставляти факти, аргументувати свою думку;
- приймати рішення;
- установлювати соціальні контакти (розподіляти обов'язки, взаємодіяти один з одним);

- створювати «кінцевий продукт» – матеріальний носій проектної діяльності (доповідь, реферат, фільм, журнал, сценарій);
- презентувати створене перед аудиторією;
- оцінювати себе та інших (здійснювати самоаналіз успішності та результативності вирішення проблеми проекту).

У нашому прикладі реалізовані наступні етапи проекту:

Етапи	Завдання	Діяльність учня	Діяльність вчителя
1. Підготовчо-мотиваційний	Визначення мети й завдань проекту, поділ класу на групи	Обговорення завдань	Мотивація навчальної діяльності учнів, повідомлення мети й завдань проекту
2. Планування	Аналіз проблеми, визначення інформаційних джерел, розподіл обов'язків між учасниками проекту	Осмислення завдань, вибір джерел, отримання інформації	Спостереження, консультації
3. Вибір рішення	Осмислення інформації, уточнення плану діяльності	Робота з інформаційними джерелами	Спостереження, консультації
4. Виконання	Робота над виконанням перископу	Виготовлення перископу	Спостереження, консультації
5. Рефлексивний	Аналіз результатів виконання проекту	Участь у колективному аналізі проекту й самооцінці, у колективній оцінці результатів проекту	Спостереження, консультації
6. Захист	Підготовка доповіді, публічний захист проекту, оцінка	Захист проекту	Участь у колективному аналізі й оцінці результатів проекту

Як результат, група попередньо була розділена на три підгрупи, кожна з яких мала різне домашнє завдання щодо історії виникнення дзеркал та їх застосування і створення технологічної карти для виготовлення пошуково-експериментального проекту «Перископ».

Отже, проектна діяльність сприяє створенню сприятливого середовища, спрямованого на відкриття, актуалізацію ресурсів творчого розвитку особистості з урахуванням педагогічних ресурсів.

#### Література

1. Бритикова Г.В. Метод проектів як сучасна педагогічна технологія / Г.В.Бритикова // Управління школою. – 2008. – № 7. – С. 28 – 29.
2. Мелашенко К. Технологія проектного навчання / К.Мелашенко // Завуч. – 2006. – № 13. – С. 12 – 14.
3. Метод проектів у сучасній освіті / О.Онопрієнко // Відкритий урок. – 2004. – № 5 – 6. – С. 8.

#### **Бойчук В.М., Стинська В.В., Паращук Т.О., Гасюк І.М. Проекти як інновація у технологіях навчання фізики**

**Анотація.** Показано особливості використання проектної технології у навчанні фізики, на прикладі виготовлення перископа.

**Ключові слова:** проектна технологія, оптика.

#### **Bojchuk V.M., Stynska V.V., Parashchuk T.O., Gasyuk I.M. Projects as innovation in teaching physics technologies**

**Abstract.** There is shown the features of the using project technology in physics teaching on the example of making periscope.

**Key words:** project technology, optics.

**Бойчук Т.О.**  
студентка 2 року магістратури  
НПУ імені М.П.Драгоманова  
м. Київ, Україна  
*tetiana2310@ukr.net*

## **СИСТЕМА ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ЕКОНОМЕТРІЇ**

Важливим методичним завданням навчання економетрії у ВНЗ є створення такої системи завдань, яка б посилювала ефективність навчального процесу. Останнім часом багато викладачів значну увагу приділяють розробці та використанню тестових завдань.

Дана тема є актуальною, оскільки більшість практичних завдань з економетрії проводяться у вигляді лабораторних робіт. На таких заняттях виконання повноцінних задач є обчислювально складними, тому для ґрунтовної перевірки засвоєння студентами теоретичних положень (зокрема і актуалізації опорних знань на початку заняття), доцільно використовувати тестові завдання.

Існує досить багато форм подання завдань, але, серед зазначених в [3], можна виділити серед них кілька основних, які використовуються в економетрії найчастіше:

- завдання з вибором однієї правильної відповіді з кількох запропонованих альтернатив;
- завдання з вибором кількох правильних відповідей з кількох запропонованих альтернатив (кількість ключів може бути як відомою, так і невідомою);
- завдання з короткою відповіддю;
- завдання на встановлення відповідностей;
- усні та письмові завдання з повним поясненням (із розгорнутою відповіддю).

В доповіді представлено результати розробки системи тестових завдань різних типів (з вибором однієї правильної відповіді, з вибором кількох правильних відповідей, з короткою відповіддю, на встановлення відповідностей, з розгорнутою відповіддю), які охоплюють основні теми навчальної програми з економетрії.

Розроблені завдання можна використовувати для проведення поточного контролю основних теоретичних знань, вмінь та навичок на практичних або лабораторних заняттях з економетрії, а також як елементи модульного або підсумкового контролю.

В запропонованих завданнях діагностуються теоретичні знання студентів (знання основних формул та означень; властивостей понять, методів та алгоритмів; економетричних моделей та їх властивостей), а також вміння застосовувати теоретичні факти до розв'язування найпростіших (обчислювально нескладних) задач, аналізу економетричних моделей та їх властивостей.

### *Література*

1. Гончаренко Я.В. Економетрія: методичні вказівки для виконання розрахункової роботи з економетрії для студентів спеціальності "Економічна теорія" / НПУ ім. М.П.Драгоманова. – К.: НПУ, 2005. – 82 с.
2. Економетрика: Підручник / І.Г. Лук'яненко, Л.І. Краснікова. К.: Знання, 1998. – 494с.
3. Школьний Олександр Володимирович. Теоретико-методичні засади оцінювання навчальних досягнень з математики учнів старшої школи : автореферат дис. ... докт. пед. наук : 13.00.02 / О. В. Школьний ; наук. кер. М. В. Працьовитий ; М-во освіти і науки України ; Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова. – К., 2015. – 43 с.

#### **Бойчук Т.О. Система тестових завдань з економетрії**

**Анотація.** В доповіді представлені розроблені автором тестові завдання різних типів з економетрії, які можуть бути використані при проведенні поточного та підсумкового контролю.

**Ключові слова:** методика навчання, економетрія, тестові завдання.

#### **Boichuk T. System of tests of econometrics**

**Abstract.** In the report presents the system tests exercise of econometrics. It can be used for the operating and final control.

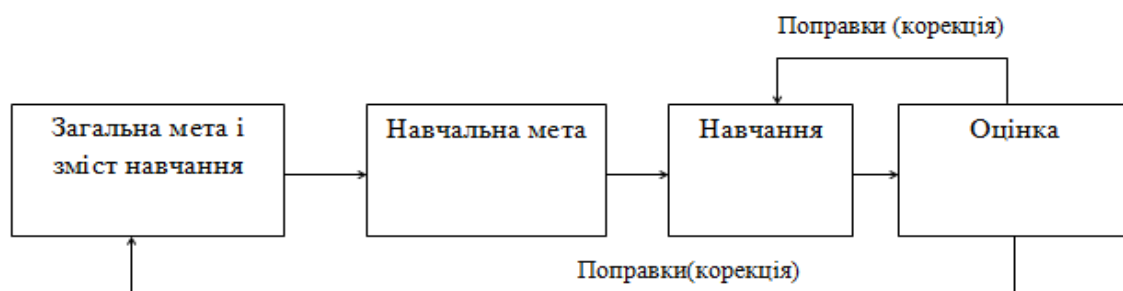
**Key words:** teaching methodology, econometrics, tests.

**Бродин І.І.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
**Кланічка В.М.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
професор кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
**Ліщинський І.М.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
завідувач кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника,  
Івано Франківськ, Україна  
*igor.lishchynskyu@gmail.com*

## РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

У національній доктрині розвитку освіти у ХХІ столітті зазначено, що головна мета української системи освіти - створити умови для розвитку і самореалізації кожної особистості як громадянина України ..., а в концепції фізичної освіти наголошується на тому, що при викладанні фізики повинен бути здійснений кардинальний перехід від інформаційно-пояснювального до діяльнісного підходу. Це можна реалізувати запровадивши в навчальний процес сучасні технології навчання. Тому пошук дидактичних підходів, які б могли перетворити навчання в технологічний процес з гарантованими результатами є актуальною проблемою.

За характеристикою японського вченого-педагога Т. Сакамото, педагогічна технологія являє собою втілення в педагогіку системного способу мислення, який охоплює всі основні сторони навчального процесу. Звичайно технологічний підхід зображають такою схемою:



В технологічному підході до навчання виділяються: постановка цілей і їх уточнення, строга орієнтація всього ходу навчання на навчальні цілі; орієнтація навчальних цілей, а разом з тим всього ходу навчання на гарантоване досягнення результатів; оцінка біжучих результатів і заключна оцінка результатів. Особливо увагу слід звернути на те, що весь навчальний процес пронизує оперативний зворотний зв'язок (корекція навчального процесу), яка не властива традиційному навчанню. Другою особливістю технологічної побудови навчального процесу є послідовна орієнтація на чітко визначену мету.

У всіх цих випадках випадає з поля зору важливий момент – очікуваний результат навчання, його наслідки. Отже, треба погодитись з прихильниками педагогічних технологій [2,3] в тому, що визначення мети навчання через зміст матеріалу, процес діяльності вчителя або учня не дає повного уявлення про передбачувані результати навчання. Тому при

реалізації технологічного підходу слід формулювати мету навчання через результати навчання, які виражені в діях учнів.

Технологічними для побудови освітнього процесу є ті цілі, які розкриваються конкретними уміннями і представлені типовими задачами. Такий підхід широко використовується в зарубіжній освітній технології [2].

Для ефективності реалізації цілей навчання фізики вчитель звертається до сучасних технологій, які враховують вікові та індивідуальні особливості учнів.

Дослідницька технологія передбачає набуття учнями досвіду дослідницької роботи в пізнавальній діяльності.

Розвивальна технологія сприяє засвоєнню нової інформації у формі самостійної пошукової діяльності різного виду.

Технологія організації групової навчальної діяльності спрямована на розвиток учня як суб'єкта навчання. Її реалізація в навчальному процесі сприяє підвищенню успішності, формуванню самооцінки і саморегуляції.

Інформаційно-комп'ютерні технології розвивають уміння експериментально-дослідницької діяльності школяра, допомагають моделювати фізичні процеси.

Кожна технологія по-різному реалізується в навчальному процесі, але всі технології навчання мають загальну мету: розвиток особистості, її здібностей та інтелекту.

Процес навчання треба розглядати як взаємодію вчителя і учня, їх спільний рух від незнання до знання. Вчитель створює в класі сприятливу робочу атмосферу і організовує процес навчання так, щоб індивідуальні особливості учнів могли максимально проявитись. Кожний учень працює на уроці з доступною йому швидкістю.

При реалізації технологічного підходу в навчальному процесі змінюється роль вчителя - з носія інформації він стає організатором діяльності учнів і співробітництва, консультантом, який керує навчальним процесом.

При традиційному підході діяльність учнів зводилась до слухання на уроці, участі в бесіді, заучування, репродуктивного відтворення, а при технологічному - самостійної пошукової діяльності різного виду.

Широко використовуються активні форми занять (групові, індивідуальні і рідше фронтальні), а також методи активного опитування (дискусії, «мозкова атака», ділові ігри, ситуативні задачі та ін.) і різні види пізнавальної діяльності учнів.

З технологією постановки цілей тісно зв'язана технологія досягнення цілей.

Основою планування результатів навчання можуть бути рівні засвоєння (за І.Я.Лернером) або навчальна діяльність (за Л.С.Вигодським), яку поділяють на типи: 1) діяльність репродуктивна (учень відтворює вивчені факти, поняття, спосіб або алгоритм дії); 2) діяльність реконструктивна (факти невідтворюються, а відтворюється спосіб одержання фактів); 3) діяльність варіативна (вона полягає у відтворенні мислительних операцій)

Планування результатів навчання можна здійснити і у вигляді системи підібраних задач, при розв'язуванні яких реалізується індивідуально- диференційований підхід.

1. Спочатку створюють орієнтаційну основу для формування в учнів узагальненого підходу до задачі на прикладі типової з детальним поясненням методу розв'язування.

2. Закріплюють даний метод при розв'язуванні аналогічної задачі і колективно під керівництвом вчителя складають його план.

3. При розв'язуванні наступної задачі ступінь допомоги вчителя зменшується, здібні учні працюють самостійно.

4. Для забезпечення диференційованого підходу пропонують індивідуально розв'язати декілька різних за змістом і складністю задач.

5. З допомогою вчителя діти складають загальний план (алгоритм) даного типу і задачі, які розв'язують за даним алгоритмом.

6. На підсумковому етапі учні розв'язують творчі задачі, а також складають завдання за даними фізичними ситуаціями

Реалізацію запропонованого плану можна представити у вигляді такої схеми: типова задача → аналогічна задача → задача з коротким планом або вказівками для розв'язування, або графом → декілька задач для самостійного розв'язування → завдання для самостійного складання задач.

Оскільки знання, вміння розв'язувати задачі і темп розв'язування учнів значно відрізняються, то послідовність їх роботи за даною схемою не є однаковою. Учні з низькими навчальними можливостями розв'язують задачі по порядку (2,3 і т.д), де вони можуть використовувати план розв'язування і додаткову інформацію. Учні з високими навчальними можливостями можуть відразу приступити до розв'язування задач підвищеної складності. Якщо в процесі роботи в деяких учнів виникали труднощі, то вони повертаються до першої задачі і знову розглядають розв'язок. Вчитель при цьому контролює роботу всього класу і надає допомогу тільки в необхідних випадках (частіше всього «слабким» учням). В кінці уроку проводяться підсумки результатів роботи під керівництвом вчителя.

Реалізація технологічного підходу в навчальному процесі сприяє забезпеченню постійного зворотного зв'язку, повному охопленню всього змісту навчання. При цьому вчитель має можливість прослідкувати за ходом процесу роботи учня, залучити учнів для самоконтролю, що тим самим забезпечує внутрішній зворотний зв'язок. Все це покращує взаємодію між вчителем і учнем і підвищує ефективність навчання.

#### Література

1. Гузеев В.В. Планирование результатов образования и образовательная технология М: Народное образование, 2000, - 240 с.
2. Кларын М. В. Педагогическая технология в учебном процессе. М: Знание, 1988. – 78с.
3. Пехота О.М. та ін. Підготовка майбутнього вчителя до впровадження педагогічних технологій . К.: А.С.К., 2003, - 240с.

#### **Бродин І.І., Кланічка В.М., Ліщинський І.М. Реалізація технологічного підходу в процесі навчання фізики**

**Анотація.** Розглянуто технологічний підхід до організації навчального процесу, виходячи з освітніх орієнтирів, цілей і змісту навчання. На основі рівневої диференціації проведено аналіз способів постановки цілей і планування результатів навчання.

#### **Brodyn I.I., Klanichka V.M., Lishchynskyy I.M. Realization of technological approach for educational process in Physics**

**Abstract.** The article deals with the technological approach to the arrangement of the educational process in Physics. Possibilities for building up of educational process based educational orientations, aims and the content of education is shown. Level on differentiation is being used for analyzing the goal-setting methods and planning of the results of studying process.

**Бродин І.І.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
**Ліщинський І.М.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
завідувач кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
**Бойчук В.М.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
**Гасюк І.М.**,  
доктор фізико-математичних наук,  
декан фізико-технічного факультету  
**Яблонь Л.С.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри теоретичної і експериментальної фізики  
Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника,  
Івано-Франківськ, Україна  
*igor.lishchynskyy@gmail.com*

## **УРОК ФІЗИКИ У ТЕХНОЛОГІЇ ОСОБИСТІСНО ЗОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ**

В період розбудови освіти України суттєво обновлюється зміст та технології навчання, створюються оптимальні умови для розвитку особистості учня, тобто відбувається перехід на особистісно зорієнтоване навчання.

Особистісно зорієнтовані технології вписуються в традиційну систему навчання за таких умов:

- ✓ учитель сам змінює підхід до навчального процесу: від традиційного інформаційно-пояснювального, зорієнтованого на передачу готових знань, до особистісно зорієнтованого, спрямованого не тільки на засвоєння знань, а й на розвиток особистості учня;
- ✓ головним у процесі навчання є пізнавальна діяльність учнів, а не продуктивне учіння;
- ✓ пріоритетними стають самостійне набуття і засвоєння отриманих знань, а не засвоєння і відтворення готових знань;
- ✓ набувають особливого значення спільні міркування, дискусії, дослідження, а не запам'ятовування і відтворення знань.

В особистісно зорієнтованій системі освіти урок був і залишається основною формою організації навчально-виховного процесу, але в цій системі суттєво змінюється його режисура. Сучасний урок фізики розвивальний. Він є засобом розвитку особистісних якостей учня та середовищем повноцінної навчальної цілереалізації учнів, яка включає такі компоненти навчальної діяльності: установчо-мотиваційний, проектувально-діяльнісний, рефлексивно-оціночний.

У системі особистісно зорієнтованої фізичної освіти цілепокладання є основним регулятором обґрунтування процесу навчання. При цьому важливо, щоб цілі навчання були не лише сформульовані учителем, а й сприйняті учнями.

Шляхи мотивації навчання різноманітні: показ зв'язку фізики з технікою, виробництвом, виявлення її керівної ролі у науково-технічному прогресі, наголошення

необхідності фізичних знань для орієнтування у явищах природи, для пояснення причин і наслідків природних і технологічних процесів тощо.

Для досягнення цілей навчання здійснюють діяльнісний підхід, а для цього конструюють урок у нетрадиційній формі. Спочатку попередньо аналізують навчальний матеріал, вияснюють, яким повинен бути досягнутий результат, а далі конструюють сам урок. При цьому мають на увазі те, що кожний крок діяльності учня – наслідок якої-небудь спрямованої дії педагога, а кожний результат (наприклад, порції вивченого матеріалу) – наслідок дії учнів. Наприклад:

✓ що робить учитель: ставить запитання, просить виконати спостереження, пропонує спланувати експеримент, висловити свою точку зору або гіпотезу, дає вказівку прочитати підручник тощо;

✓ що робить учень: відповідає на запитання, виконує спостереження, проводить дослід, висловлює свою точку зору, висуває гіпотезу, читає підручник, щоб знайти відповідь на конкретне запитання тощо.

Для конкретизації викладеного наведемо план-конспект уроку фізики в 10 класі.

**Тема уроку:** сили в механіці.

**Тип уроку:** урок узагальнення і систематизації знань.

**Мета уроку:** поглибити знання учнів щодо різних видів сил в механіці; систематизувати типи задач про рух тіл під дією різних сил.

**Очікувані результати**

Після уроку учні зможуть: пояснювати природу сил: тяжіння, пружності, тертя; розрізняти рухи тіл, на які діють одна або декілька сил; розраховувати сили, з'ясовувати від яких чинників залежать величини цих сил, як напрямлені сили; читати і креслити графіки (наприклад, залежності сили тертя від зовнішньої сили, сили пружності від модуля видовження); складати плани для експериментального вимірювання фізичних констант: гравітаційної сталої, жорсткості пружини, коефіцієнта тертя ковзання.

**Організація діяльності учнів**

*1. Оголошення мети та очікуваних результатів (бесіда)*

Учитель пропонує учням повідомити результати розв'язування домашніх задач і дати усні відповіді на такі запитання:

- 1) Які рівняння описують рух тіл під дією сили тяжіння?
- 2) Як рухається тіло, кинуте вертикально вгору або вниз, горизонтально, під кутом до горизонту?
- 3) Що таке деформація?
- 4) Коли виникає сила пружності?
- 5) Що таке вага тіла?
- 6) За яких умов виникає перевантаження? Які причини виникнення перевантаження?
- 7) Коли тіло перебуватиме у стані невагомості?
- 8) У чому причина виникнення тертя?
- 9) Чому силу тертя спокою називають рушійною силою?

*2. Інтерактивна частина: вправа «сили в механіці»*

Вправа виконується в декілька етапів, тому спочатку учням необхідно чітко пояснити порядок роботи.



**1-й етап.** Вчитель об'єднує учнів у три групи (домашніх). Кожна домашня група (від 3 до 5 чоловік) одержує однакові завдання.

**2-й етап.** Учитель об'єднує учнів у експертні групи. Кожен з учасників ознайомлює інших зі змістом опрацьованої ним інформації. Експертна група аналізує матеріал вцілому.

**3-й етап.** Учням пропонується повернутись в домашні групи і поділитись знаннями, одержаними в експертній групі. Завдання груп на даному етапі – корекція та остаточне узагальнення всієї інформації.

**4-й етап.** Групи підводять підсумки за такими параметрами: назва сили, природа взаємодії, формула для розрахунку сили, залежність сили від відстані або відносної швидкості, маси; напрям сили; умови застосування і складають та заповнюють таблицю узагальнення та систематизації «Сили в механіці».

#### **Оцінювання результатів**

При підведенні підсумків уроку бажано звернутись до учнів із запитаннями:

- ✓ Які знання вдалось отримати, які вміння, з яких джерел?
- ✓ Над якими навичками, вміннями ще треба працювати?
- ✓ Чи досягли очікуваних результатів ви особисто, клас в цілому?

Крім того, можна задати питання і щодо форми проведення самого уроку:

- ✓ Що могло б бути організовано краще, корисніше?
- ✓ Що було найбільш вдалим, що необхідно змінити в майбутньому?

Практика показує, що у системі традиційних занять урок, побудований на особистісно зорієнтованій взаємодії, є найбільш ефективним, бо він передбачає врахування індивідуального підходу до кожного учня, стимулює їх пізнавальну активність. Тому слід здійснювати реконструкцію процесуально-методичної складової навчання. Доцільно оптимально поєднувати індивідуальне і колективне навчання, активні та інтерактивні методи, створювати сприятливі умови для репродуктивної, продуктивної та творчої діяльності учнів.

#### **Література**

1. Освітні технології / за заг. ред. О. Пехоти. – Київ: А.С.К., 2002.
2. Пометун О.І., Пироженко Л.Д. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання; Наук.-метод. посібник. – Київ: А.С.К., 2004.
3. Сучасні шкільні технології. – Київ: Редакція загально педагогічних газет, 2004.
4. Э.Е. Эвенчик и др.. Методика преподавания физики в средней школе. Механика. М., Просвещение, 1986. – с. 240.
5. Бар'яхтар В.Г., Божинова Ф.Я. Фізика 10 Академічний рівень. Харків. Ранок, 2010. – с.256.

#### **Бродин І.І., Ліщинський І.М., Бойчук В.М., Гасюк І.М., Яблонь Л.С. Урок фізики у технології особистісно зорієнтованого навчання**

**Анотація.** В статті показана перевага уроку фізики у технології особистісно зорієнтованого навчання над традиційним. Для конкретизації наведений план – конспект уроку: сили у механіці

**Ключові слова:** урок фізики, технології навчання, особистісно зорієнтоване навчання.

#### **Brodyn I.I., Lishchynskyy I.M., Boychuk V.M., Gasiuk S.M., Yablon L.S. The technology of individually oriented education for lesson of physics**

**Abstract.** The article shows the advantage lesson of physics of technology individually oriented education over traditional. The plan conspectus of lesson: strength in mechanics for concretization.

**Key words:** lesson of physics, education technology, individually oriented education.

**Василенко Н.М.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
старший викладач кафедри вищої математики,  
НПУ імені М.П. Драгоманова,  
м. Київ, Україна  
*samkina\_nata@mail.ru*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ НАТУРАЛЬНИХ ЧИСЕЛ В КУРСІ «ЧИСЛОВІ СИСТЕМИ» СТУДЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПЕДАГОГІЧНИХ ВУЗІВ**

Курс «Числові системи» відіграє особливу роль у процесі підготовки майбутніх вчителів математики педагогічного ВУЗу. Він забезпечує ефективну логіко-дидактичну підготовку студентів, дозволяє встановити своєрідний «місток» між вузівськими та шкільними математичними дисциплінами, відкриває широкі можливості для формування предметно та професійно значущих знань, вмінь і навичок у студентів.

Одним з основних понять математики взагалі і шкільної математики зокрема, є числа. Тому поглиблене вивчення цього поняття є важливою складовою математичної освіти майбутнього вчителя математики.

Знайомство з числами починається в школі – закладаються інтуїтивні знання про числа та їх властивості, які людина використовує протягом свого життя. Але для того, щоб зробити це правильно, математично грамотно, вчитель має засвоїти наукові основи цих знань.

Аксіоматичний підхід до поняття числа був розроблений в ХІХ столітті. Тоді, коли математиків перестали задовольняти доведення в аналізі, які ґрунтувалися на наочності або геометричних уявленнях, і виникла необхідність строгого обґрунтування теорії границь.

Г. Грассман (1809 – 1877) у 1861 р., К. Вейерштрасс (1815 – 1897) у 1878 р., Ч.С. Пірс (1839 – 1914) у 1881 р. і Дж. Пеано (1858 – 1932) в 1891 р. (за деякими даними, 1889 р.) на основі різних підходів побудували аксіоматичні теорії натуральних чисел.

Загальноприйнято для вивчення теорії натуральних чисел в курсі «Числові системи» використовувати аксіоми Дж. Пеано. У своїй роботі [1] він пропонує дев'ять аксіом. Перша аксіома стверджує існування принаймні одного елемента множини чисел. Наступні чотири аксіоми містять загальні твердження про відношення рівності елементів множини і відображають внутрішню логіку аксіоматики. Сьогодні їх не включають до складу аксіом у зв'язку з їх очевидністю. Наступні три аксіоми описують властивості натуральних чисел за допомогою функції слідування. Останньою, дев'ятою, є аксіома індукції, яка дозволяє обґрунтувати доведення математичних тверджень за індукцією.

Для вивчення аксіоматичної теорії натуральних чисел ми використовуємо систему аксіом, запропоновану в підручниках [2], [4], додаючи до них перші дві аксіоми з тих, що наведені Дж. Пеано в його роботі :

$$n_1. 1 \in N;$$

$$n_2. \forall a \in N \exists! a' \in N;$$

$$n_3. \forall a \in N (a' \neq 1);$$

$$n_4. \forall a, b \in N (a' = b' \rightarrow a = b);$$

$$n_5. (\text{Аксіома індукції}) \text{ Нехай } M \subseteq N. \text{ Якщо}$$

$$1) \quad 1 \in M,$$

$$2) \quad \forall a \in N (a \in M \rightarrow a' \in M),$$

$$\text{то } M = N;$$

$$n_6. \forall a \in N (a + 1 = a');$$

$$n_7. \forall a, b \in N (a + b' = (a + b)');$$

$$n_8. \forall a \in N (a \cdot 1 = a);$$

$$n_9. \forall a, b \in N (a \cdot b' = a \cdot b + a).$$

Тоді алгебру  $(N, ', +, \cdot, 1)$  називають *системою натуральних чисел*, де  $\emptyset \neq N$  – множина-носії системи, «'» – символ унарної алгебраїчної операції, а «+» і « $\cdot$ » – символи бінарних алгебраїчних операцій на  $N$ , якщо виконуються аксіоми  $n_1 - n_9$ . Елементи множини  $N$  називають натуральними числами.

Алгебраїчну операцію «'» називають операцією *безпосереднього слідування* і тому  $a'$  безпосередньо слідує за  $a$ . Алгебраїчні операції «+» і « $\cdot$ » називають відповідно *операціями додавання і множення*.

Якщо  $a' = b$ , то число  $a$  називається попереднім до числа  $b$ .

Аксіома  $n_1$  стверджує існування принаймні одного елемента множини  $N$ .

Аксіома  $n_2$  говорить про те, що для довільного натурального числа існує єдине натуральне число, що безпосередньо слідує за ним.

Аксіома  $n_3$  стверджує, що число 1 не слідує ні за яким натуральним числом (не має попереднього).

Аксіома  $n_4$  говорить, що кожне натуральне число слідує не більше ніж за одним натуральним числом.

Аксіома  $n_5$ , як вже було сказано вище, є формально-логічною основою для доведення математичних тверджень методом математичної індукції.

Аксіоми  $n_6 - n_9$  означають операції додавання та множення натуральних чисел.

Алгебру  $(N, ', 1)$ , для елементів якої мають місце аксіоми  $n_1 - n_5$ , називають *натуральним рядом*.

Варто зауважити, що в деяких підручниках, наприклад, в [3], аксіоми  $n_6 - n_9$  відсутні в аксіоматичному означенні системи натуральних чисел. Операції додавання та множення вводяться за допомогою означень, а потім формулюються відповідні теореми, в яких доводиться їх існування та єдиність. З одного боку, наявність аксіом, що означають бінарні алгебраїчні операції додавання та множення для натуральних чисел, дозволяє спростити виклад теоретичного матеріалу. З іншого – це обумовлює проведення додаткових міркувань під час обґрунтування *незалежності* аксіоматичної теорії натуральних чисел, додаткову побудову чотирьох моделей. У зв'язку з цим, можливі два підходи до формулювання аксіоматичного означення і, відповідно, подальшого викладу теорії натуральних чисел.

Позитивно вирішується питання про *категоричність* аксіоматичної теорії натуральних чисел, побудованої на аксіомах Пеано.

Питання про *несуперечливість* аксіоматичної теорії натуральних чисел (побудованої на основі системи аксіом Пеано) вирішується на відносному рівні. Доведення несуперечливості формальної арифметики, з використанням ідей та методів, які не виражаються в межах самої теорії, було отримано різними математиками (Генцен Г. – 1936 р., Новіков П.С. – 1943 р. та інш.).

#### Література

1. *Peano G. Arithmetices principia: nova methodo exposita.* – Torino: Fratres Bocca, 1889. – 47 p.
2. *Вивальнюк Л.М., Григоренко В.К., Левіценко С.С.* Числові системи. — К.: Вища школа, 1988. — 271 с.
3. *Ларин С.В.* Числовые системы: Учебное пособие для студентов пед. вузов. – Москва: Изд-во «Академия», 2001. – 160 с.
4. *Лиман Ф.М.* Числові системи: навчальний посібник. — Суми: Вид-во „МакДен”, 2010. — 192 с.

**Василенко Н.М.** Особливості вивчення теорії натуральних чисел в курсі «Числові системи» студентами математичних спеціальностей педагогічних ВУЗів.

**Анотація.** Розглядаються деякі аспекти вивчення теорії натуральних чисел студентами фізико-математичного факультету НПУ імені М.П. Драгоманова.

**Ключові слова:** аксіоматична теорія, система натуральних чисел, аксіоми Пеано.

**Vasylenko N.** Features studying the theory of natural numbers to date «Number systems» mathematical skills of students of pedagogical universities

**Abstract.** Some aspects of studying the theory of natural numbers of students of Physics and Mathematics of National Pedagogical Dragomanov University.

**Key words:** axiomatic theory, the system of natural numbers, Peano axioms.

**Головко М.В.**  
кандидат педагогічних наук, доцент, с.н.с.,  
провідний науковий співробітник,  
Інститут педагогіки НАПН України,  
Київ, Україна,  
*m.golovko@ukr.net*

## СТАНОВЛЕННЯ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

Витоки вітчизняної дидактики фізики вищої школи сягають часів створення одного з перших в Україні вищих навчальних закладів – Києво-Могилянської академії. Із початку її заснування тут викладалася фізика як складова курсу натуральної філософії. Наприкінці XVIII ст. в академії здійснюються важливі кроки у реформуванні змісту та методики викладання природничо-математичних дисциплін. На зразок європейських університетів запроваджуються класи (предмети) арифметики, чистої математики, вищої чистої математики. Найбільшим, трирічним, був курс змішаної математики, який містив систему елементів фізичних знань. Для його забезпечення у 1793 році І.Я. Фальковський створив посібник для студентів «Скорочення математики», в якому виклав основи механіки, гідростатики, аерометрії, гідравліки, оптики, а також короткий огляд природничої історії[2, с. 25 - 27].

У цей же період відбувається запровадження курсу фізики як окремої навчальної дисципліни у Львівському університеті. Перший декан відділу філософії І.Ю. Мартинович створив підручник з експериментальної фізики, а професор кафедри фізики Ф. Гюссман видав двотомний "Опис віку Землі з точки зору фізики".

**Становлення курсу загальної фізики як самостійної фундаментальної дисципліни вищої школи пов'язано із розвитком вітчизняної університетської освіти та створенням професорами, завідувачами кафедри фізики Харківського університету перших підручників: А.І. Стойкович («Початкові основи уможливної та дослідної фізики», 1809 р. та «Система фізики», 1813р.; В.І. Лапшин («Досвід систематичного викладу фізики», 1940 р.); А.П. Шимков ( трьохтомний підручник «Курс дослідної фізики», 1869-1889 рр.); О.П. Грузинцев («Курс дослідної фізики» у 3 частинах, 1904-1914 рр.).** Унікальний багатотомний курс загальної фізики, який витримав упродовж 1895-1915 років шість видань, створив відомий вчений та педагог П.О. Зілов.

Вагомий вплив на розвиток змісту та методики навчання фізики у вищій школі України наприкінці XIX-го – на початку XX-го ст. мала науково-педагогічна діяльність відомих учених-фізиків Г.Г. Де-Метца та Й.Й. Косоногова. У 1906 році Й.Й. Косоногов створив «Основи фізики» для студентів медичного факультету. Це був один із перших у Російській імперії підручник курсу загальної фізики для студентів нефізичних спеціальностей університетів. Ця навчальна книга витримала п'ять видань та використовувалася у вищій школі до початку 1930-х років[3].

У 1909 році був виданий підручник «Дослідний курс фізики» професора Г.Г. Де-Метца, який користувався популярністю у студентів університету. Його було перевидано в 1913 р.

У 1919 році вийшов підручник Й.Й. Косоногова «Основи фізики», який складався із двох частин: загальні питання (основи механіки, вчення про рух та сили, закони Ньютона, робота та енергія, основи статички, загальні фізичні властивості тіл, явище пружності, основи

вчення про будову рідин та газів, явище дифузії та осмосу) та часткові питання фізики (розділи теплота, звук, світло, електромагнетизм) [4]. Підручник містив навчальний матеріал, що висвітлював новітні досягнення тогочасної фізичної науки, зібраний у розділі «Радіоактивність та електрони», яким завершувався курс фізики і узагальнювалися відомості про будову речовини.

Суттєві зміни в організації фізичної освіти у вищій школі відбулися на початку 1920-х рр. із реорганізацією класичних університетів та створенням інститутів народної освіти (ІНО), в яких працювали відомі вчені та методисти: Г.Г. Де-Метц, Й.Й. Косоногов (Київський ІНО); А.В. Желеховський, Р.Д. Пономарьов, Слуцкін А.О. (Харківський ІНО); М. А. Базилевич, З.І. Приблуда, П.А. Талько-Гринцевич (Одеський ІНО); М.П.Кудрицький (Житомирський ІНО); А.М. Яворський (Вінницький ІНО); О.Ф. Шапченко (Херсонський ІНО).

Першим українським підручником з курсу загальної фізики для студентів вищих навчальних закладів став п'ятитомник «Курс лекцій з фізики», виданий у 1923 році Падебрадах талановитим інженером, відомим громадським діячем, письменником Б.Лисянським, професором Української господарської академії, який емігрував до Чехо-Словаччини на початку 1920-х рр. Цей курс побудований відповідно до традицій європейської вищої школи та охоплював механіку, термодинаміку, електрику та магнетизм, хвилястий рух та акустику, оптику [8, 9].

У 1929 році завершилося впровадження навчальних планів і програм Інститутів народної освіти. На вивчення курсу загальної фізики студентами I-III курсів факультету соціального виховання відводилося 310 годин. Він представлений чотирма розділами: I. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика; II. Відділ тепла; III. Електрика та магнетизм; IV. Звук і світло [10].

Для цього курсу характерним є спроба подати систематизований зміст навчання фізики, в якому основна увага приділяється найбільш загальним питанням, формуванню загальнонаукової бази, яка поглиблювалася на старших курсах відповідно до обраного професійного спрямування. Посилено роль наукових теорій (молекулярно-кінетичної, електронної, теорії відносності), що сприяло підвищенню науковості курсу.

Перші українські підручники згідно нової програми були створені у 1931 році професором ХІНО А.В. Желеховського. Фізика представлена загальним курсом, основним завданням якого було визначено опанування студентами методів пізнання фізичних явищ, вивчення фундаментальних законів збереження та перетворення енергії [5]. У другому виданні 1932 року основними завданнями курсу загальної фізики визначено вивчення фізичних явищ та опанування способів скерування процесів природи на службу людини [6].

У 1933 році на тлі посилення процесів уніфікації радянської освітньої системи, запроваджуються єдині навчальні програми для вищої школи, в яких загальна фізика представлена традиційним систематичним курсом, структура якого не змінювалася упродовж наступних п'яти десятиліть. За цими програмами виходить третій випуск підручників професора А.В. Желеховський, в якому значну увагу автор приділив ознайомленню студентів із досягненнями сучасної фізики. Однією із важливих вимог до курсу загальної фізики А.В. Желеховський вважав його відповідність сучасному стану фізичної науки та доступність для опанування студентами [7].

У 1936 році завершується процес реформування системи вищої освіти УСРР. Запроваджується її уніфікована модель, яка передбачала посилення централізованих

процесів формування освітньої політики та послаблення академічної автономії навчальних закладів. З цього часу навчальний процес у вищій школі організовується на основі типових навчальних планів та програм.

Історико-методичний аналіз становлення курсу загальної фізики у вищій школі України дає можливість зробити висновок щодо поступальності та соціокультурної зумовленості цього процесу. Таким чином, курс загальної фізики у вітчизняних вищих навчальних закладах до середини 1930-х р. пройшов всі основні етапи становлення від поступового окреслення в якості самостійного предмету, до формування фундаментальної університетської дисципліни, зміст якої будувався за принципами науковості та систематичності, заклавши міцні історико-дидактичні підвалини розбудови сучасної фізичної освіти у вищій професійній школі України.

### Література

1. Де-Метц Г.Г. Дослідний курс фізики / Г.Г. Де-Метц.- К.: Тип. ун-та св. Владимира, 1909.
2. Киевские математики-педагоги / Под ред. чл.-кор. АН УССР А.Н. Боголюбова.- К.: Вища школа, 1979.- 312 с.
3. Косоногов І.І. Основания фізики. Курс, читаний автором студентам Медичинського факультета / І.І. Косоногов.- К.: Типографія університета св. Владимира, 1906.- 444 с.
4. Косоногов І.І. Основания фізики / І.І. Косоногов.- К.: «Голос», 1919.- 315 с.
5. Желеховський, А.В. Фізика. Випуск перший / А.В. Желеховський [Текст].- Х.: Радянська школа, 1931.- 385 с.
6. Желеховський, А.В. Фізика. Випуск перший / А.В. Желеховський [текст].- Х.: ВПКП, 1932.- 363 с.
7. Желеховський, А.В. Курс фізики. Випуск третій. Електрика / А.В. Желеховський.- Х.-К.: Наук.-техн. вид. України, 1935.- 537 с.
8. Лисянський Б. Курс лекцій по фізиці. Теорія хвилястого руху. Акустика. Оптика / Б. Лисянський.- Пад'єбради, 1923.
9. Лисянський Б. Курс лекцій по фізиці. Елементи термодинаміки / Б. Лисянський.- Пад'єбради, 1923.
10. Фізика // Програми інститутів народної освіти: (Фак. соц. виховання) / Нарком. освіти УСРР, Держ. наук.-метод. комітет.- Х.: Всеукр. заоч. ін-т нар. освіти, 1929.- 328 с.

#### **Головко М.В. Становлення курсу загальної фізики вищої школи.**

**Анотація.** Досліджується питання формування змісту курсу загальної фізики у вітчизняній вищій школі від її зародження до запровадження уніфікованої системи вищої освіти у 1930-х рр. Висвітлюються особливості його реалізації у навчальних програмах та українських підручниках для вищих навчальних закладів. На основі історико-методичного аналізу розвитку змісту фізичної освіти обґрунтовується висновок щодо відповідності цього процесу тенденціям посилення систематичності та науковості, як провідних дидактичних характеристик сучасних університетських курсів фізики.

**Ключові слова:** історія дидактики фізики вищої школи, курс загальної фізики, підручник фізики для університетів.

#### **Holovko M.V. Becoming general physics course for high school.**

**Abstract.** The article examines the question of forming general physics course content in the national high school from its inception to the implementation of the unified system of higher education in the 1930s. It reflects the peculiarities of its implementation in educational programs and textbooks for Ukrainian universities. On the basis of historical and methodical analysis of the content of physical education it is suggested that this process is correspondent to the tendencies of strengthening of systematic and scientific features as the leading didactic characteristics of modern university physics courses.

**Key words:** history of didactics of physics for high school, general physics course, physics textbook for universities.

**Гончаренко Я.В.,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
завідувач кафедри вищої математики  
НПУ імені М.П.Драгоманова  
Київ, Україна  
yan\_a@ukr.net

## **НАУКОВО-ДОСЛІДНА ПРАКТИКА В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «МАТЕМАТИКА»**

Підготовка магістрів зі спеціальності 111 Математика передбачає закріплення, поглиблення, узагальнення та систематизацію набутих теоретичних знань в процесі проходження науково-дослідної практики. Науково-дослідна практика є заключною ланкою практичної підготовки студентів, яка проводиться у процесі написання магістерської роботи. Під час проходження науково-дослідної практики студенти поглиблюють та закріплюють теоретичні знання з фахових дисциплін навчального плану, здійснюється підготовка фактичного матеріалу для складання державного іспиту з фахових дисциплін та виконання кваліфікаційної роботи.

Головний зміст науково-дослідної практики полягає у залученні студентів-магістрантів до самостійної дослідницької роботи, ознайомленні з методологією та методикою проведення науково-дослідної роботи в наукових та вищих навчальних закладах, питаннями реалізації теоретичних та наукових розробок в сфері їх професійної діяльності.

Основною метою науково-дослідної практики магістрантів-математиків є: формування здатності проводити теоретичні та експериментальні дослідження в галузі математики, теорії та методики навчання математики, фізики або економіки.

Серед основних завдань науково-дослідної практики виділимо наступні:

- ознайомитись з організацією наукової роботи в базовому закладі, де проводиться практика, її тематикою, вимогами та нормативними документами, що регламентують її виконання;
- протягом практики відвідувати засідання наукових семінарів (гуртків), що проводяться на базі практики;
- провести аналіз відвіданих наукових заходів і оформити його у вигляді реферату;
- виконувати наукові дослідження з теми магістерської роботи, оформити їх результати у вигляді розділів магістерської роботи, тез доповідей на конференціях та наукових статей;
- взяти участь в науковій конференції, засіданнях наукового семінару, підготувати тези доповіді;
- підготувати до друку наукову публікацію.

*Передумовами успішного проходження науково-дослідної практики є вивчення дисциплін циклу фундаментальної, природничо-наукової підготовки, а також вибіркових дисциплін: поглибленої фахової підготовки та спеціалізації.*

*Програма науково-дослідної практики студентів магістратури складається з наступних частин:*

- формування індивідуального графіку проходження науково-дослідної практики та ознайомлення студента з вітчизняними та іноземними науковими та іншими джерелами літератури з метою формування студентом бібліографічного списку літератури за обраним напрямом дослідження (зразок оформлення наведений у додатках). За цей період студенти зобов'язані здійснити огляд нормативної документації та друкованої літератури, зібрати та обробити практичний та інформаційний матеріал, здійснити підбір та обробку статистичних

даних з обраного напрямку магістерської роботи;

- ознайомлення з організацією наукової роботи в базовому закладі, її тематикою, вимогами та нормативними документами, що регламентують її виконання;
- участь (систематична протягом звітного періоду) в роботі наукових семінарів (гуртків), що проводяться на базі практики;
- теоретична науково-дослідна робота з тематики досліджень;
- участь в наукових конференціях;
- участь в організації науково-дослідної роботи студентів та школярів;
- підготовка тез доповіді на науковій конференції за обраним напрямом. У цей же період студенти готують оглядову наукову статтю за обраним напрямом досліджень з дотриманням вимог ДАКУ;
- виконання індивідуального завдання, завершення роботи над магістерською роботою, оформлення звіту про проходження науково-дослідної практики та її захист.

Реферування наукових статей, доповідей, авторефератів дисертацій, розділів монографій є однією з важливих форм науково-дослідної діяльності магістранта. Якість та змістовність реферату свідчить про глибину опрацювання наукової літератури за обраним напрямом досліджень й вказує на обізнаність магістра з найновішими науковими дослідженнями щодо обраної тематики. Вибір наукової статті для реферування передбачає аналіз значного кола фахових наукових журналів. Для написання рецензії може бути використана періодика (наукові журнали, збірки наукових праць, збірки матеріалів за підсумками проведених конференцій, датовані максимум один-два роки тому). До звіту як додаток долучається копія статті з журналу (титульний аркуш журналу, зміст, публікація), на яку магістром написано реферат.

При написанні реферату магістр на підставі вивчення змісту публікації та переліку використаних автором для її написання праць, висвітлює такі обов'язкові питання:

- актуальність обраної теми,
- аналіз структури та змісту статті: об'єкту, предмету та мети роботи, характеру отриманих результатів та використаних методів дослідження,
- ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій,
- достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій,
- своєчасність та важливість для науки одержаних автором публікації результатів,
- власна думка магістранта щодо опрацьованого матеріалу: зауваження, пропозиції щодо використання, вдосконалення, проблемні дискусійні питання.

**Goncharenko Ya.V. Research practice in learning master's degree in Mathematics.**

**Abstract.** In the report analyzes the goals, tasks and conditions for the implementation of the research practice in learning master's degree in Mathematics. The methodological recommendations on the implementation of some stages of research practice are formulated.



**Горбачук І.Т.,**  
кандидат фізико-математичних наук, професор  
завідувач кафедри ММНФМДВШ  
**Горбачук В.О.,**  
асистент кафедри ММНФМДВШ  
**Мусієнко Ю.А.,**  
ст.викладач кафедри ММНФМДВШ  
Національний педагогічний університет  
імені М.П.Драгоманова  
Київ, Україна  
*kaf\_metodologyi@ukr.net*

## **ДЕЯКІ ПИТАННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ І ПЕРСПЕКТИВИ**

За пропозицією світової наукової і освітянської громадськості, підтриманої ЮНЕСКО, 2000 рік був оголошений Всесвітнім роком математики, а 2005 – Всесвітнім роком фізики. Світове співтовариство тим самим визнало ту виняткову роль, яку відіграли математики і фізики та фізико-математична освіта у розвитку людської цивілізації минулого тисячоліття.

У наш час важливість математики і фізики, фізико-математичної освіченості та культури не можна переоцінити. Це пов'язано з тим, яке значення має фізика і математика у сучасній системі природничих і технічних наук. Глибинну за змістом і світоглядну роль математики Г. Галілей визначив так: «Філософія (натурфілософія, сучасною мовою – фізика) написана у величавій книзі, яка постійно відкрита вашому погляду, але зрозуміти її може лише той, хто спочатку навчиться розуміти її мову і тлумачити знаки, якими вона написана. Написана ж вона на мові математики»[1]. Отже, математика є мовою сучасного природознавства і техніки. Справді, система фізико-математичних знань, їх методи стали основою наших уявлень про природу в цілому – від нескінченно віддалених галактик Всесвіту, зірок і планет до атома, ядра і елементарних частинок, світу живої і неживої матерії. Економічна, енергетична і технологічна незалежність країни, її військова безпека значною мірою залежать від рівня фізико-математичної освіченості її громадян. Практично вся сучасна наука просякнута фізико-математичними методами та ідеями, а техніка і технології базуються на цих ідеях. Математика і фізика завжди були суттєвою частиною людської культури і важливою складовою інтелектуального розвитку особистості.

Нинішня науково-практична конференція присвячена проблемам фізико-математичної освіти і науки. Про роль освіти для сучасного і майбутнього держав і націй можна судити з такої довідки. Соціологи провідних країн світу в кінці 1998 року провели опитування на тему: «У які галузі людської діяльності слід вкладати інвестиції у ХХІ ст.». Із десяти, запропонованих для обговорення, перше місце посіла така діяльність: «Пошук принципово нових систем освіти і виховання» (проблема «боротьби із голодом» на п'ятому місці) [2].

У сучасній Україні загальний рівень фізико-математичної освіченості і культури суспільства падає з кожним роком. Без додаткових надзвичайних зусиль доучування

випускників масових шкіл неможливо успішно працювати зі студентами перших курсів. Причина не стільки в недостатній фаховій підготовці сучасного вчителя середньої школи, скільки в байдужому ставленні держави і суспільства до долі молодого покоління. Урядовці, представники бізнесу, політики, які здатні вирішувати проблеми молоді, частіш всього схильні вирішувати їх для своїх дітей власними силами. Середня школа, як і освіта в цілому, живуть і працюють в постійних проблемах. Ці проблеми вирішуються державою методом залатування дірок. Доки не буде розроблена концепція освіти взагалі і фізико-математичної зокрема, зорієнтованої на підвищення якості національної системи фахової підготовки спеціалістів, і не буде розроблена програма щодо фінансового забезпечення, існуватиме невизначеність і безпорадність у закладах освіти.

Для розробки такої концепції потрібно залучати фахівців НАН, НАПН, АНВО України – теоретиків і практиків освіти, створити відповідну комісію. Така комісія разом з Міністерством освіти і науки має відкрито і чесно проаналізувати причини поступового занепаду освітньої галузі в державі, встановити діагноз і на цій основі запропонувати етапи виходу з кризи та оцінити щорічні фінансові витрати. (Між іншим така комісія з фізики існувала ще в царській Росії наприкінці XIX – на початку XX ст., очолювана Миколою Умовим, який протягом 22 років працював в Одеському університеті).

Які, на наш погляд, проблеми освіти взагалі, і фізико-математичної освіти зокрема, виходять на перший план в нашій державі в даний час?

У першу чергу, слід назвати вкрай недостатній фінансовий стан навчальних закладів всіх рівнів акредитації. Стандарт річного бюджету пересічного західноєвропейського університету становить сотні мільйонів, або й мільярди євро. Річний кошторис наших університетів державного фінансування і спецкоштів становить десятки, зрідка сотні мільйонів гривень. Стандарт оплати праці професора європейського університету 5 - 9 тисяч євро на місяць, нашого – у тридцять разів менше.

Також слід вказати на непорівнянну з заходом матеріально-технічну забезпеченість навчального процесу наших ВНЗ (ліквідоване національне виробництво наочних приладів, лабораторного устаткування, технічних засобів навчання), практично відсутні комп'ютеризовані сучасні установки науково-дослідного характеру, навчальне обладнання в школах і ВНЗ не оновлювалось, практично, протягом останніх 25 років.

Малий відсоток спеціалізованих шкіл з поглибленим вивченням фундаментальних дисциплін (у нас декілька відсотків, у розвинених країнах 20 – 30 відсотків від загальної кількості шкіл).

У масові школи практично не надходять предметні часописи такого рівня як були свого часу журнали «Квант», «Фізика в школі», «Математика в школі» тощо. Недостатня пропаганда досягнень нашої молоді з фізики і математики на державних та міжнародних олімпіадах і конкурсах. Відсутні (або маловідомі) моральні чи матеріальні заохочення переможців. Ніякого порівняння зі спортивними досягненнями і відповідними заохоченнями. Згубним є процес односторонньої міграції інтелектуальної еліти, виїзд за кордон обдарованої молоді.

Невмотивоване зменшення уваги до вивчення фізики і математики, інших фундаментальних предметів, зменшення годин на їх вивчення як у середній школі, так і у вищих навчальних закладах і в той же час завантаження навчальних планів дрібними курсами предметів, які часто дублюються. У середній школі відсутні обов'язкові екзамени з фізики.

Математика і фізика потрібні кожній людині, людству в цілому, будь-якій державі. Тому потрібно переконувати державних діячів в необхідності підтримувати фізико-математичну освіту. Математично малограмотні державні службовці, керівники крупних промислових чи фінансових підприємств є великою загрозою для держави: вони не здатні системно мислити і прораховувати наслідки рішень, що приймаються, а це призводить до ускладнень міждержавних стосунків, економічних криз чи фінансових потрясінь, екологічних катастроф тощо.

У нашій країні зміст і рівень середньої та вищої освіти мають стати частиною плану розвитку держави, економіки, науки, культури, а, отже, добробуту народу в цілому і кожної людини зокрема.

Вирішальним у розробці шляхів реалізації реформи освіти в Україні і входження нашої держави в Європейський освітній простір могло би стати створення типового показового педагогічно-наукового закладу десь в околі м.Києва. Відвівши 50-100 га, землі, побудувати навчальні корпуси нового типу, обладнати їх самим сучасним навчальним устаткуванням, об'єднати ряд науково-дослідних інститутів НАН, НАПН АНВО України, створити потужну наукову базу, об'єднати ряд шкіл різного профілю для проведення практик і перевірки теоретичних розробок щодо методик навчання, створити спортивно-оздоровчі комплекси, поліклініку, оздоровчі бази, центр студентської дистанційної освіти держави, потужну бібліотеку з відповідним сучасним технічним устаткуванням, гуртожитки і житлові приміщення. Такий навчально-науковий центр держави міг би стати потужним потягом, який би зрушив освітню і наукову галузі з мертвої точки, об'єднав би їх в університетах і дійсно розпочав би справжню реформу національної освіти і науки. Для такої справи кошти держава мала би знайти.

Реформуючи шкільну освіту, французи писали в 1880 році «Кожна річ коштує стільки за скільки її продають. Яка ж буде ціна вашій безкоштовній освіті?» [3].

#### Література

1. В. Тихомиров. О некоторых проблемах математического образования. – «ВВШ» № 8, 2000.
2. Є.К. Марчук. П'ять років української трагедії. – К.: 1999. – 192 с.
3. В.Арнольд. Нужна ли в школе математика? / Тезисы выступления. – «ВВШ» №8, 2000.

#### **Горбачук І.Т., Горбачук В.О., Мусієнко Ю.А., Деякі питання сучасного стану фізико-математичної освіти в Україні і перспективи**

**Анотація.** У статті розглянуто стан і перспективи фізико-математичної освіти в Україні, загострено увагу на її важливості для подальшого розвитку України як передової держави. Запропоновані деякі шляхи розв'язку розглянутих проблем.

**Ключові слова:** фізико-математична освіта і наука, методика навчання, концепція, якість освіти

#### **Горбачук И.Т., Горбачук В.А., Мусиенко Ю.А. Некоторые вопросы современного состояния физико-математического образования в Украине и перспективы**

**Аннотация.** В статье рассмотрены состояние и перспективы физико-математического образования в Украине, заострено внимание на ее важности для дальнейшего развития Украины как передового государства. Предложены некоторые пути решения рассмотренных проблем.

**Ключевые слова:** физико-математическое образование и наука, методика обучения, концепция, качество образования.

#### **Gorbachuk I. T., Gorbachuk V.A., Musiyenko Y.A., Some issues of the current state of physico-mathematical education in Ukraine and its prospects**

**Abstract.** In the article the condition and prospects of physical-mathematical education in Ukraine has sharpened its focus on its importance for the further development of Ukraine as an advanced nation. Proposed some solutions to the considered problems.

**Key words:** physico-mathematical science and education, teaching methodology, concept, the quality of education

**Грищенко О.В.**  
аспірант  
**Науковий керівник – Сергієнко В.П.**  
доктор педагогічних наук, професор  
Національний педагогічний університет  
імені М. П. Драгоманова  
м. Київ, Україна  
*rubylechka@icloud.com*

## **ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ ДО ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ УЧНІВ**

Надзвичайно стрімке запровадження у всі сфери людської діяльності науково-технічного прогресу, інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та процесів у наукових дослідженнях, виробництві, сфері послуг ставить перед системою освіти України відповідні завдання. Одним із найважливіших завдань модернізації національної системи освіти України є впровадження нових підходів до професійної підготовки майбутніх вчителів. Таким чином, постає проблема підготовки нової генерації вчителів, в тому числі природничо-математичного напрямку, які здатні розробляти і впроваджувати якісно нові форми і методи пізнавальної діяльності згідно з сучасними умовами розвитку освіти, з урахуванням гуманістичних ідей та орієнтирів.

Нові підходи знайшли відображення в державних документах про освіту: Законах України «Про освіту» [1], «Про вищу освіту» [2], Національній доктрині розвитку освіти України в XXI столітті [3], Стратегії реформування вищої освіти в Україні до 2020 року (проект) [4], у яких наголошується на необхідності підготовки висококваліфікованого вчителя, конкурентоздатного на ринку праці, готового до систематичного професійного зростання в сучасних умовах реформування освіти. Сучасній школі потрібен педагог, здатний сприяти розвитку та навчанню школяра, захисту його інтересів, збереженню його індивідуальності та здоров'я. Одним із чинників, що цьому сприяє, є здійснення вчителем прозорого і якісного оцінювання навчальних досягнень учнів. Проблема підготовки майбутнього вчителя фізики до оцінювання навчальних досягнень учнів стає актуальною проблемою педагогічної теорії і практики, оскільки в Україні вибудовується цілісна система моніторингу якості освіти на всіх її рівнях [5,6].

У ході дослідження з'ясовано, що останнім часом значну увагу привертають спроби пошуку ефективніших способів організації оцінювальної діяльності вчителів. Це сприятиме уникненню тенденційних помилок у процедурі оцінювання, запобіганню суб'єктивізму вчителів та можливих об'єктивних труднощів. Одним із шляхів розв'язання окресленої проблеми є вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів, зокрема й фізики, щодо оцінювання навчальних досягнень учнів.

Незважаючи на значну кількість наукових робіт, проблему професійної підготовки майбутнього вчителя у вищій школі можна назвати дискусійною. Разом з тим вчені одностайні в тому, що професійна підготовка є обов'язковим складником системи вищої педагогічної освіти.

В Енциклопедії професійної освіти поняття «професійна підготовка» тлумачиться як «сукупність спеціальних знань, умінь і навичок, якостей, трудового досвіду і норм поведінки, які забезпечують можливість успішної праці за обраною професією» [7, с. 550]. Г. Троцько зазначає, що сутністю підготовки студентів до педагогічної діяльності є «система змістово-педагогічних та організаційно-методичних заходів, спрямованих на забезпечення готовності майбутнього педагога до педагогічної діяльності» [8, с. 15].

Сьогодні державне замовлення сучасній школі вимагає від педагога дотримуватися чітких однозначних вимог до визначення рівня навчальних досягнень школярів і, відповідно до цього, забезпечувати індивідуальний та диференційований підходи як під час навчання,

так і в процесі оцінювання. Отже, учитель повинен уміти формулювати мету оцінювання, визначати об'єкти, користуватися критеріями оцінювання.

Під час оцінювання навчальних досягнень пропонується враховувати: засвоєний обсяг інформації, продукти навчальної діяльності, а також сам процес діяльності. Такий підхід має яскраво виражений діагностичний характер. На його основі вчитель матиме можливість забезпечити диференційований підхід, урахувати індивідуальні особливості кожного учня, організувати ефективну корекційну роботу. Важливо, щоб школярі не тільки накопичували знання, а й уміли їх самостійно здобувати, відтворювати, застосовувати, тобто створювали власні освітні продукти, що можуть бути використані для подальшого пізнання учнем світу [9].

Не менш важливими є систематичність і регулярність оцінювання навчальних досягнень окремого учня чи класу загалом, які стимулюють та активізують навчальну діяльність. Ефективність оцінювання залежить від вибору форм, методів та засобів, від всебічності оцінювання, що передбачає охоплення всіх розділів навчальної програми, оцінювання засвоєних знань, сформованих компетентностей. Серед обов'язкових вимог до оцінювання також виокремлюють значущість і гласність, що полягають у проведенні відкритих випробувань усіх учнів за однаковими критеріями найбільш значущих результатів навчання та діяльності, а також вимогливість, доброзичливість, педагогічний такт учителя, зрозумілість оцінок для учнів, поєднання оцінки вчителя, самооцінки і взаємооцінки.

### Література

1. Про освіту : Закон України з внесеними змінами і доповненнями від 23. 03. 1996. № 100 // Голос України. – 1996. – 25 квіт. – Відомості доступні також з Інтернету: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/card/100/96-%D0%B2%D1%80>.
2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07. 2014 № 1556-18 // Голос України. – 2014. – 6 серп. (№ 148) ; Офіційний вісник України. – 2014. – № 63 ; Урядовий кур'єр. – 2014. – 13 серп. – Відомості доступні також з Інтернету: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
3. Національна доктрина розвитку освіти // Освіта. – 2002. – 24 квіт.–1 трав. (№ 26). – С. 2–5.
4. Стратегія реформування вищої освіти в Україні до 2020 року (проект). – Режим доступа: [http://www.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE%20Reforms%20Strategy%202011\\_11\\_2014.pdf](http://www.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE%20Reforms%20Strategy%202011_11_2014.pdf).
5. Державна національна програма «Освіта»: Україна XXI століття : Постанова Кабінету міністрів України від 3 листоп. 1993 р. № 896. – К. : Райдуга, 1994. – 62 с. – Відомості доступні також з Інтернету: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/card/896-93-%D0%BF>.
6. Біла книга національної освіти України : проект [Електронний ресурс] / [Акад. пед. наук України ; ред. В. Г. Кремень]. – К., 2009. – 185 с. – Режим доступу : <http://www.ukraine3000.org.ua/img/forall/Ped.pdf>
7. Вишнякова С. М. Профессиональное образование. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика : словарь / С. М. Вишнякова. – М. : НМЦСПО, 1999. – 538 с.
8. Троцко Г. В. Теоретичні питання формування професійно-педагогічної готовності майбутнього вчителя / Г. В. Троцко. – Харків : ОВС, 2002. – Ч. 1. – 201 с.
9. Хуторской А. В. Современная дидактика : учеб. пособ. / А. В. Хуторской. – М. : Высш. шк., 2007. – 639 с.

#### **Грищенко О. Підготовка майбутнього вчителя фізики до оцінювання навчальних досягнень учнів.**

**Анотація.** Проведено теоретичний аналіз проблеми оцінювання навчальних досягнень учнів на уроках фізики. Показана необхідність та доцільність вдосконалення професійної підготовки майбутніх вчителів, навчання їх навичкам індивідуального та компетентнісного підходу до процесу оцінювання навчальних досягнень з урахуванням особливостей дисципліни.

**Ключові слова:** оцінювання, ефективність оцінювання, професійна підготовка.

#### **Hryshchenko O. The training of future teacher of physics to assess student achievements.**

**Resume.** The article conducts theoretical analysis of the assessment of student achievements at physics lessons. Author shows the necessity and expediency of improving professional training of future teachers, teaching them skills of competence and individual approach to the assessment of educational achievements considering features of the discipline

**Key words:** assessment, efficiency of assessment, professional education

**Грищенко О.С.**  
студентка 41 ФМІ групи  
Фізико-математичного факультету  
*grychenko1119@gmail.com*

**Пудченко С.А.**  
аспірант кафедри методології та методики  
навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи  
НПУ імені М.П.Драгоманова  
*dirkivc@ukr.net*

## **М.М. БОГОЛЮБОВ – ТВОРЕЦЬ ФІЗИКИ СУЧАСНОСТІ**

*Вченим я став у Великій Кручі*

Серед видатних вчених ХХ століття особливе місце посідає надзвичайно обдарована людина, академік, математик і механік, педагог, засновник абсолютно нової галузі математичної фізики – Микола Миколайович Боголюбов.

Народився М.Боголюбов 8 серпня 1909 року в Нижньому Новгороді. Його батько, Микола Михайлович, був професором богослов'я, а мати, Ольга Миколаївна, викладачем музики. Крім Миколи, або як його любили називати в дитинстві, Котя, родина Боголюбових мала ще двох синів: найстаршого Михайла і наймолодшого Олексія.

Батько, будучи високоосвіченою людиною, уважно ставився до навчання і виховання сина, займався з ним геометрією, вивченням іноземних мов.

У 1918 році родина Боголюбових переїхала до села Велика Круча Полтавської області, де Микола був прийнятий до школи-семирічки. Двоповерхове приміщення колишньої церковно-приходської школи, що знаходилось в центрі села, стало єдиним навчальним закладом, який він закінчив у своєму житті..

У 1922 році родина М. Боголюбова переїхала до Києва і, саме в той час, 14-річного хлопчика, помітили і залучили до співпраці академіки Д.О. Граве і М.М. Крилов. Боголюбов брав участь у семінарах кафедри математичної фізики Київського університету, свою першу наукову працю він написав у віці 15 років.

У 1932 році була надрукована праця М. Боголюбова «Новые методы вариационного исчисления».

Його роботи з математики і механіки можна поділити на 2 цикли. До першого циклу досліджень можна віднести проблеми варіаційного числення. Наступний цикл праць присвячено проблемам статистичної фізики. Тут він вивів кінетичне рівняння в теорії надтекучості, створив послідовну теорію надпровідності, розробляв проблеми квантової теорії поля. Результати досліджень, отримані вченим, були фундаментальними і зробили значний внесок у розвиток фізики і математики.

Саме в Україні М.М. Боголюбов заснував школу нелінійної механіки і теоретичної фізики. Значної уваги Боголюбов приділяв і підготовці молодих науковців. Його дуже любили студенти і підкреслювали майстерність у вирішенні будь-яких проблем у галузях науки.

Помер М. Боголюбов 13 лютого 1991 року і був похований на Новодівочому цвинтарі, м. Москва.

У 2009 році в центрі села Велика Круча на Полтавщині був встановлений пам'ятник великому математику і фізику ХХ століття з написом: «Вченим я став у Великій Кручі», а

також у Великокручанській школі було відкрито кімнату-музей вченому. У ній зібрано багато матеріалу про життя і творчість Боголюбова, а також такий унікальний експонат, як парта, за якою він навчався, та зразок оформлення будинку, в якому на той час проживала родина Боголюбових.

На честь 100-літнього ювілею Велику Кручу відвідали сини Миколи Миколайовича – Павло і Микола, а також брат Олексій Миколайович Боголюбов, якому на той час уже було 91 рік.

Збирає матеріали і експонати, підтримує пам'ять про великого вченого Леонова Людмила Миколаївна – завідувач музейної кімнати, вчитель математики Великокручанської школи.

#### **Література**

1. Николай Николаевич Боголюбов математик, механик, физик: Сборник воспоминаний. – Дубна, 1994.
2. Т.В.Путята, Б.Н.Фрадлін: «Діяльність видатних механіків на Україні», Київ 1952.
3. Ковальчук В.В. Фізика в Україні в XIX-XX столітті: Історія, здобутки, особистості. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. – 280 с.
4. [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Боголюбов\\_Микола\\_Миколайович](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Боголюбов_Микола_Миколайович)
5. [http://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2008-13-5/svit-2008-13-5-14-zagorodniy\\_chyrapa.pdf](http://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2008-13-5/svit-2008-13-5-14-zagorodniy_chyrapa.pdf)

#### **Грищенко О.С. Пудченко С.А. М.М. Боголюбов – творець фізики сучасності**

**Анотація.** Стаття присвячена дослідженню життя і діяльності видатного українського вченого у галузі математики, фізики, механіки Боголюбова Миколи Миколайовича.

**Ключові слова:** Микола Миколайович Боголюбов, математик, фізик-теоретик, теорія надтекучості, нелінійна механіка, варіаційне числення.

#### **Пудченко С.А, Грищенко О.С. Н.Н. Боголюбов - создатель физики современности.**

**Анотация.** Статья посвящена исследованию жизни и деятельности выдающегося украинского ученого в области математики, физики, механики Боголюбова Николая Николаевича.

**Ключевые слова:** Николай Николаевич Боголюбов, математик, физик-теоретик, теория сверхтекучести, нелинейная механика, вариационное исчисление.

#### **Gryshenko O.S., Pudchenko S.A. N.N. Bogolyubov, creator of the physics of our time**

**Abstract.** The article investigates the life and work of the famous ukrainian scientist in the field of mathematics, physics, mechanics Nikolay Bogolyubov.

**Key words:** N.N. Bogolyubov, mathematician, theoretical physicist, theory of superfluidity, nonlinear mechanics, calculus of variations.

**Демкова В.О.**  
старший лаборант кафедри фізики і  
методики навчання фізики, астрономії  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського  
м. Вінниця, Україна  
*vitademkova@yandex.ua*

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА «ОСВОЄННЯ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ» ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМІНЬ І НАВИЧОК СТУДЕНТІВ**

Фізика – наука експериментальна. Це означає, що фізичні закони встановлюють і перевіряють через накопичення і порівняння експериментальних даних, отриманих в результаті проведення фізичного експерименту. Виконання лабораторних робіт пов'язано з вимірюванням різних фізичних величин і наступною обробкою отриманих результатів. Оскільки не існує абсолютно точних приладів та інших засобів вимірювання, тож, не буває і абсолютно точних результатів вимірювання. Похибки виникають при будь-яких вимірюваннях, і лише правильне оцінювання похибок проведених вимірювань та розрахунків дає змогу з'ясувати ступінь достовірності отриманих результатів. Можливі похибки впливають на порівняння результатів експерименту з теоретичними формулами, тому необхідно навчити студентів правильно обробляти результати вимірювань.

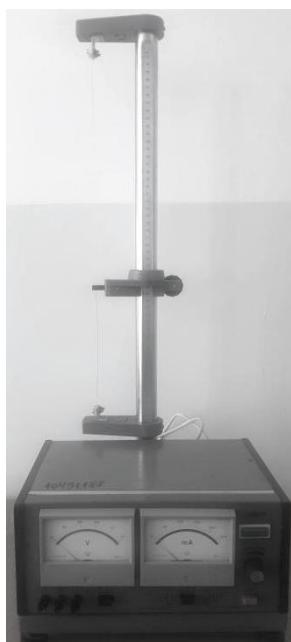
Завдання викладача фізики — навчити студента за певний інтервал часу засвоїти певний обсяг інформації (знань), щоб потім використовувати у практичній діяльності (зокрема і в експериментальній). Знання підіймають діяльність на вищий рівень усвідомленості, підвищують упевненість людини в правильності її виконання. Крім знань, необхідними компонентами діяльності є вміння та навички. Виконання професійної діяльності неможливе без перелічених компонентів.

Лабораторні заняття, як один з видів самостійної практичної роботи, мають велике значення в навчальному процесі, адже через них здійснюється дотримання одного з провідних принципів дидактики – принципу зв'язку теорії з практикою. Переваги лабораторних занять, у порівнянні з іншими видами аудиторної навчальної роботи, безсумнівні, адже вони інтегрують теоретичні знання, формують практичні навички і уміння студентів.

Важливим є ознайомленні студентів з теорією експерименту та теорією розрахунку похибок, оскільки, як свідчать результати педагогічного експерименту, найбільші прогалини спостерігаються в питаннях обробки експериментальних даних. Саме тому, нами розроблені методичні прийоми, які сприятимуть усуненню цих недоліків.

З метою якісного засвоєння студентами знань з теорії похибок і умінь застосовувати ці знання на практиці доцільним є проведення фронтальної лабораторної роботи з теми «Освоєння методів проведення вимірювань та обчислення їх похибок» [1].

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з методами оцінювання результатів вимірювань і розрахунку похибок. В якості



*Рис. 1. Вигляд  
установки*



устаткування використовується установка для визначення питомої опору дроту (рис. 1), штангенциркуль, мікрометр, рулетка. Поряд з формуванням практичних умінь в роботі закріплюється теоретичний матеріал, зокрема: прямі і непрямі вимірювання, визначення похибок, наближені обчислення, вимірювання лінійних величин, найпростіші електричні вимірювання.

Скористаємось формулою для обчислення питомого опору матеріалу дроту:

$$\rho = R \frac{S}{l} = \frac{U \pi d^2}{l \cdot 4I}.$$

Щоб визначити  $\rho$ , необхідно обчислити електричний опір  $R$  (через силу струму  $I$  і напругу  $U$ ), довжину відрізка  $l$  і площу його перерізу  $S$  (через діаметр  $d$ ).

Напругу  $U$ , силу струму  $I$ , довжину  $l$  відрізка дротини і її діаметр  $d$  ми вимірюємо відповідними приладами з певною точністю. Коли ми говоримо, що вольтметр показує 1 В, ми, звичайно, маємо на увазі, що напруга лише приблизно дорівнює 1 В. Істинне значення напруги лежить в деякому інтервалі

$$U_{\text{вим}} - \Delta U \leq U \leq U_{\text{вим}} + \Delta U, \text{ або } U = \bar{U} \pm \Delta U,$$

де  $U_{\text{вим}}$  – виміряна напруга; в нашому прикладі  $U_{\text{вим}} = 1$  В. Звідси випливає, що результат вимірювання є та поділка на шкалі вольтметра, проти або поблизу якої встановилася стрілка,  $\Delta U$  – похибка вимірювання напруги даним вольтметром, вона обчислюється за класом точності приладу. Відмітимо, що  $\Delta U$  визначається ціною поділки шкали вольтметра. Це саме можна сказати і про силу струму  $I$ , яка вимірюється:

$$I = \bar{I} \pm \Delta I.$$

Діаметр  $d$  дроту вимірюємо штангенциркулем або мікрометром. Якщо діаметр дроту виміряти штангенциркулем в різних місцях, то, швидше за все, виявиться, що результат скрізь однаковий. Штангенциркуль не «відчує», що товщина дротини не однакова по всій довжині. В цьому випадку точність вимірювання штангенциркулем і визначає похибку вимірювання діаметра. Мікрометр – більш чутливий і більш точний прилад, ніж штангенциркуль. Якщо виміряти діаметр дроту в різних місцях мікрометрів, то можна отримати серію результатів  $d_1, d_2, \dots, d_n$ . В цьому випадку похибка визначається вже і характером самої величини  $d$ . Тобто, істинне значення діаметра лежить в інтервалі

$$d = \bar{d} \pm \Delta d.$$

Це ж стосується і вимірювання довжини дротини  $l$ :

$$l = \bar{l} \pm \Delta l.$$

Звідси отримуємо шуканий результат:

$$\rho = \bar{\rho} \pm \Delta \rho = \bar{\rho} \left( 1 \pm \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} \right).$$

де відносна похибка визначається таким чином:

$$\delta_\rho = \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} = \frac{\Delta U}{\bar{U}} + \frac{\Delta I}{\bar{I}} + 2 \frac{\Delta d}{\bar{d}} + \frac{\Delta l}{\bar{l}}.$$

Нижче наводимо порядок виконання роботи:

1. Вимірювання штангенциркулем діаметра  $d$  дротини по всій довжині в 10 – 12 місцях. Обчислення середнього значення діаметра

$$\bar{d} = \frac{1}{n} (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)$$

і запис результату у вигляді

$$d = \bar{d} \pm \Delta d.$$

Обчислення похибки вимірювань  $\Delta d$  і відносної похибки  $\frac{\Delta d}{d}$ .

2. Вимірювання діаметра того ж дроту за допомогою мікрометра. Визначення  $\bar{d}$  і  $\Delta d$ .  
Результати вимірювань заносяться в спеціальну таблицю. Обчислення  $\bar{d}$  і  $\Delta d$  за формулами

$$\bar{d} = \frac{1}{n}(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n),$$

$$\Delta d \approx \frac{1}{n}(d_{max} + d_{min})$$

і порівняння отриманих результатів.

3. Встановлення залежності опору  $R$  дроту від її довжини  $l$ . Вимірювання рекомендується проводити для десяти значень довжини  $l$  від  $l \approx 0,3l_0$  до  $l = l_0$ , де  $l_0$  – повна довжина дроту.

4. Визначення похибок  $\Delta U$  і  $\Delta I$  за класом точності вольтметра і амперметра.

5. Нанесення експериментальних точок на координатну площину, відкладаючи по осі абсцис величину  $\bar{l}$ , а по осі ординат – відповідний їй опір  $\bar{R}$ . Кожну експериментальну точку слід зображати із зазначенням похибок  $\Delta l$  і  $\Delta R$ . При цьому необхідно переконатися в тому, що в межах точності вимірювань експериментальні точки не виходять за межі допустимої похибки («лягають» на пряму).

#### Література

1. Каленков С.Г., Соломахо Г.И. Практикум по физике. Механика: Учеб. пособие для студентов вузов / Под. ред. А.Д. Гладуна. – М.: Высш. шк., 1990. – 111 с. ил.

**Демкова В.О. Лабораторна робота «Освоєння методів проведення фізичних вимірювань та оцінювання їх результатів» як засіб формування експериментальних умінь і навичок студентів**

**Анотація.** У статті описано фронтальну лабораторну роботу з теми «Освоєння методів проведення вимірювань та обчислення їх похибок». Метою даної роботи є ознайомлення з методами оцінювання результатів вимірювань і розрахунку похибок. З методичного погляду виконання цієї лабораторної роботи забезпечить якісніше сприйняття студентами навчального матеріалу, засвоєння знань з теорії похибок і умінь застосовувати ці знання на практиці.

**Ключові слова:** оцінювання результатів вимірювання, похибки експерименту, теорія похибок, фронтальна лабораторна робота.

**Demkova V. Laboratory work «The development of methods for conducting physical measurements and evaluation of their results» as a form of experimental skills of students.**

**Anotation:** The article describes a frontal laboratory work on the theme «The development of methods for conducting physical measurements and evaluation of their results». The aim of this work is to familiarize with the methods of evaluation of the results of measurement and calculation errors. From a methodological point of view, the implementation of this laboratory work will provide a better perception of educational material, learning about the theory of errors and the skills to apply this knowledge in practice.

**Key words:** estimation of measurement errors of experiment, theory of errors, front-end laboratory work.

**Дідовик М.В.**  
кандидат педагогічних наук, доцент,  
доцент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії,  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського  
м.Вінниця, Україна  
*kovtonyukmm@gmail.com*

## **ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЯ ТА НАСТУПНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ЯК ПЕРЕДУМОВА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ**

На сучасному етапі соціально-економічного розвитку нашого суспільства значну роль відіграє масова підготовка вчителів, інженерів, технологів та інших фахівців, які б володіли високим рівнем інтелекту, мали б фундаментальні загальні та фізико-математичні знання, володіли глибокими предметними і професійними компетентностями, вміли математизувати та комп'ютеризувати ситуації при вирішенні практичних завдань.

Для підготовки висококваліфікованих учителів фізики та математики суттєве значення має якість навчання фізико-математичних дисциплін у школі. Те, наскільки глибоко і міцно оволодіють випускники шкіл математичними та фізичними знаннями, якою мірою в них сформовані предметні компетентності, навички абстрактного мислення і самостійної навчальної діяльності, визначає їх подальше успішне навчання у вищих навчальних закладах (ВНЗ).

Загальновідомо, що на основі фізико-математичних знань, здобутих у школі, має засвоюватися навчальний матеріал у ВНЗ. В останні роки доводиться констатувати факт суттєвого зниження якості знань як з фізики, так і з математики уже не лише в сільських, а й в міських школах. Цієї нерівності всі розвинені країни світу позбулися уже до кінця 20 століття. Україна ж за останні десятиліття поглибила проблему: як результат – зниження загального рівня освіти [3]. Свідченням цьому є суттєвий спад інтересу учнів до предметних олімпіад районного та обласного рівня з цих дисциплін та зниження балів в олімпіадних роботах учасників. Тривожнішим є те, що за останній час організаторами ЗНО, з метою хоч якось підняти рівень оцінок сертифікатів ЗНО, довелося ввести постійну складову у 100 балів. Набуло значних масштабів репетиторство, що переносить акценти джерела здобування знань із СЗШ на різного роду їх «сурогати» (репетитори, дрібні приватні школи тощо). Все це веде до поступової маргіналізації середньої освіти, а відтак невідворотно і вищої. Дані статистики засвідчують зростання числа учнів і навіть студентів, які надають перевагу закордонній освіті замість вітчизняної.

Ще більшу тривогу викликає той факт, що така тенденція несе загрозу навіть державного рівня, веде до деградації інтелектуального потенціалу нації, породжує невігластво, коли особа стає повністю довіряти інформації, яка їй нав'язується рекламою, засобами масової інформації, в соцмережах. Такими людьми стає легко маніпулювати.

Наразі все більше проявляється й загальновідомо тенденція зниження успішності студентів з фізико-математичних дисциплін. Випускники шкіл, які склали іспити в школі і подолали вимоги ЗНО для вступу у ВНЗ, часто зустрічаються зі значними труднощами в перші роки навчання у ВНЗ. Дослідження показують, що основними причинами такого негативного явища є недостатня підготовка учнів старших класів до вузівських методів і форм навчання, недосконалість системи організації навчання фізики і математики на перших курсах, не завжди врахований рівень підготовленості і розвитку вчорашнього учня, різкий

перехід до вузівської системи викладання і навчання з порушенням принципу наступності, що підтверджується аналізом досвіду роботи вчителів шкіл і викладачів ВНЗ.

Випускники шкіл часто не володіють достатньою системою знань, вмінь і навичок самостійної навчальної роботи, організації навчальної діяльності, їх знання часто носять репродуктивний характер. Вчителі шкіл зазвичай не ведуть цілеспрямованої підготовки потенційних абітурієнтів до вступу в ВНЗ з орієнтацією на програми ЗНО та зміст вузівських програм, не достатньо орієнтовані на специфіку методів навчання у ВНЗ, мало використовують інноваційні (не лише комп'ютерні!) методи навчання спрямовані на розвиток творчих здібностей учнів. Тому викладачі ВНЗ часто змушені за рахунок власного часу проводити тривале вирівнювання (адаптування) знань учнів до вузівських потреб. Нерідко і викладачі ВНЗ, в свою чергу, мало поінформовані про чинні в школі підручники, посібники та їх зміст [2].

Узагальнення результатів вивчення науково-методичної літератури з окреслених проблем дозволяє констатувати наявність низки суперечностей методологічного, дидактичного й конструктивного характеру щодо необхідності забезпечення неперервності та цілісності фізико-математичної підготовки в умовах ступеневої системи освіти й об'єктивним станом речей в сьогоднішній практиці навчання і які потребують вирішення.

Як зазначає С. У. Гончаренко: «Необхідність розв'язання як глобальних проблем людства, так і забезпечення насущних потреб особистості приводить нас до принципу фундаменталізації освіти. Тільки фундаментальна освіта дає такі знання, які дають можливість орієнтуватися в будь-якому новому середовищі і є універсальними по суті... До групи фундаментальних наук відносяться науки, чиї основні означення, поняття і закони первинні, не є наслідком інших наук, які безпосередньо відображають, систематизують, синтезують в закони і закономірності факти, явища природи або суспільства» [2].

Реалізація таких цілісних циклів, яким зокрема є цикл природничо-наукових дисциплін, який включає математику, інформатику, фізику, хімію, біологію, екологію, як і реалізація окремої дисципліни, є умовою забезпечення єдності фундаментальної природничо-наукової освіти. Забезпечення принципів фундаменталізації, наступності, функціонування міжпредметних зв'язків визначає одну із умов успішного функціонування професійних і, зокрема, предметних компетентностей. Дослідники звертають увагу, що в разі порушення в навчальному процесі принципу цілісного відображення науки, коли увага концентрується на результатах науки, а методологія й самостійна діяльність відсувається на другий план, можлива втрата інтересу до вивчення дисципліни, тому обов'язковим елементом у навчанні має бути творчість і самостійний, професійно орієнтований науковий пошук [1].

Зважаючи на особливості підготовки у ВНЗ майбутнього вчителя фізики чи математики, який сформувався в умовах інформаційного суспільства і здатний отримувати інформацію самостійно з електронних ресурсів та спираючись на необхідність дотримання принципів фундаменталізації і наступності як необхідних передумов, а також враховуючи фактор часу (поки ще не занадто пізно), вважаємо за необхідне сформулювати низку завдань, яку, на нашу думку, слід першочергово вирішити для успішного подолання негативних тенденцій і загроз, які виникли та існують останнім часом в освітній галузі і безпосередньо стосуються формування професійної компетентності майбутніх учителів фізики та математики.

1.Посилити фундаментальну підготовку за основними напрямками: інформаційним, діяльнісним та особистісним. Зміст виступає основним системотвірним чинником фундаменталізації професійної підготовки майбутнього вчителя. «Фундаменталізація змісту

професійної підготовки визначається як об'єктивний процес поглиблення і взаємозбагачення теоретичної, методологічної, світоглядної спрямованості природничо наукових, загально професійних і професійних дисциплін, виділення в них інваріантів (фундаментальних знань і умінь, цінностей, способів діяльності), системне структурування навчальних дисциплін у вигляді науково-фундаментального, математико (чи фізико)-фундаментального і професійно-фундаментального компонентів й встановлення на їх основі міждисциплінарних зв'язків і постдисциплінарного синтезу (університетизація освіти)» [4].

2. Забезпечити світоглядне спрямування курсу фізики, математики.

3. Викладання фізико-математичних дисциплін має бути прагматичним, практико-орієнтованим, давати відповідь на питання «Навіщо мені це потрібно?». В роботі з студентами обов'язково впроваджувати метод проектів з використанням сучасних інноваційних, в тому числі й інформаційних, технологій. Застосування методу має базуватись на реальних об'єктах і процесах.

4. Враховуючи, що підготовка майбутнього вчителя фізики та математики є високо затратною, варто вирішувати фінансові питання і створювати (або осучаснювати) навчальні лабораторії відповідно до дисциплін навчального плану. Слід врахувати, що комп'ютер – не панацея, а лише навчальний засіб. Навчання в лабораторіях має проводитися на реальному фізичному обладнанні, а не лише віртуальному.

5. У методичній підготовці учителя фізики слід обов'язково передбачити викладання курсу «Інноваційні методики навчання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах» (теоретична і практична підготовка). Студент має набути знань і вмінь з проектування та застосування інновацій у навчанні учнів та набути вмінь реального застосування проектних технологій (проектування, виготовлення розробок та використання їх у фізичному експерименті, демонстраціях).

Висновок. Економія на навчальному процесі з фізики як у школі, так і на підготовці майбутнього вчителя фізики може дорого коштувати: в майбутньому доведеться замовляти вчителя за кордоном. Варто пам'ятати відомий вислів: «Якщо Ви кажете, що наука коштує дорого, то узнайте, у скільки обходиться невігластво».

#### Література

1. Бушок Г.Ф. Науково методичні основи викладання загальної фізики /Г. Ф. Бушок, Б. С. Колупаєв. – Рівне: «Діва», 1999. – 410 с.
2. Гончаренко С.У. Принцип фундаменталізації освіти /С. У. Гончаренко// Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: Зб. наук. праць. – Вип.5(9). – Харків: НТУ «ХПГ», 2004. – С.72-81.
3. Дарійчук Л. Система освіти в Україні: реформування чи оновлення? / Л. Дарійчук// Вища школа. – 2004. – №1. – С.31.
4. Ковтонюк М. М. Фундаменталізація професійної підготовки майбутнього вчителя математики – бакалавра: [монографія] /М. М. Ковтонюк. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2013. – 424 с.

**Дідовик М.В. Фундаменталізація та наступність підготовки як передумова формування професійної компетентності майбутніх учителів фізики та математики.**

**Анотація.** У роботі проаналізовано причини зниження успішності учнів СЗШ та студентів ВНЗ з фізико-математичних дисциплін та окреслені шляхи, спрямовані на вирішення зазначеної проблеми.

**Ключові слова:** фундаменталізація, наступність, професійна компетентність, майбутні учителі фізики, математики.

**Didovyk M. Foundation of preparation and continuity as a prerequisite for the formation of professional kompetetnosti future teachers of physics and mathematics.**

**Abstract.** The paper analyzes the causes for the decline of student secondary school and university students of physical and mathematical disciplines and ways to address this problem.

**Key words:** fundamentalization, continuity, professional competence of future teachers of physics and mathematics.

**Ілляшенко В.Я.,**  
кандидат фіз.-мат.наук,  
доцент кафедри алгебри та математичного аналізу,  
СНУ імені Лесі Українки,  
м. Луцьк, Україна  
*ira\_form@mail.ru*

## **ІСТОРИКО-МЕТОДОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ В УНІВЕРСИТЕТІ**

Ідеал системи освіти ХХІ ст. більшість дослідників вбачають у тому, що в основі викладання буде навчання мисленню, адже інформаційне суспільство вимагає, щоб кожна людина, а тим більше з вищою освітою, вмiла аналізувати ситуацію, тобто виявляти причинно-наслідкові взаємозв'язки, вмiла інтегрувати і синтезувати інформацію, бути чутливою до суперечностей, постановки та розв'язання проблем, мала дивергентне мислення – гнучкість, оригінальність, багату уяву, відчуття краси науки.

Визначальним фактором розвитку особистості є становлення її самосвідомості, свого "Я" і водночас своєї причетності до людства й світу взагалі. Вищою формою особистої самосвідомості є світогляд. Формування цілісного наукового світогляду студентів, які в майбутньому будуть фахівцями математики – професійний обов'язок викладача вишу.

Можна умовно виділити чотири групи світоглядних ідей математики: методологія; філософія; історія; прикладне значення математики [5].

Методологія математики, як відомо, вивчає сукупність математичних методів, зв'язок математики з іншими науками та різними галузями людської діяльності, визначає місце математики в системі наук, її внутрішню структуру, методи, які застосовуються в дослідженні. На нашу думку, потрібен вступний курс для формування у студентів першокурсників знань і умінь, які лежать в основі їх логічної і дедуктивної грамотності (наприклад, курс "Вступ до методології математики"). Лекції і семінари з методологічних питань математики перетворюють їх в свідомості студентів в складову частину математичного знання. Але одного курсу з історії і методології науки недостатньо. Потрібно в різних курсах з математики, спецкурсах показувати, що разом з розвитком математики постійно проходить і розвиток поглядів на математику, акцентувати увагу студентів на культурологічні аспекти курсів [3]. На вивчення дисциплін, які мають яскраво виражений методологічний характер (математична логіка, основи геометрії, історія математики та ін.), хоча би не скорочувати кількість годин в навчальних планах. Необхідний курс філософії і методології математики для студентів IV-V курсів, особливо магістрів (такий курс у нашому університеті розроблений).

Важливою ознакою методологічної культури майбутнього вчителя математики є вміння користуватись професійно орієнтованими науковими знаннями для аналізу та вдосконалення своєї роботи. Сучасному вчителю доводиться розв'язувати в процесі своєї професійної діяльності інтелектуальні задачі в галузі педагогіки, психології, методики. Для цього необхідно володіти уміннями: бачити проблему і співвідносити з нею фактичний матеріал, висунути гіпотезу і уявляти собі наслідки її реалізації, поділити розв'язання задачі на кроки в оптимальній послідовності та ін.

До основних компонентів методологічної культури вчителя можна віднести: навички проектування і конструювання навчально-виховного процесу; вміння усвідомлювати і творчо розв'язувати педагогічні задачі; здатність до здійснення методологічної рефлексії. Найважливіша ознака методологічної культури вчителя – уміння і бажання використати наукові і педагогічні знання для аналізу і удосконалення своєї роботи.

Питання історії, методології, філософії математики тісно переплітаються між собою і здатні виявити стимулюючий вплив на навчання математиці. Основуючись на принципі історизму у викладанні математики, методика навчання, наприклад геометрії, повинна спиратись на природні шляхи і методи пізнання, які характерні цій науці. Зміст курсів

аналітичної, диференціальної геометрії, доповнений історико - науковим аналізом генезису ключових аспектів, дозволяє ілюструвати розвиток наукового мислення, пов'язаного з введенням нових методів дослідження, наприклад, координатного методу, методу рухомого репера. Персоналістична лінія сприяє формуванню уявлень про роль особистості в математиці та вклад в історію науки видатних математиків і математичних шкіл [6].

Важливо концентрувати увагу студентів на класичних дослідженнях Абеля, Галуа, Ферма, Геделя, які мають загальнокультурну цінність. Кожне з цих досліджень завершує повний драматизму етап у розвитку математики, аналогічний розв'язанню проблем трисекції кута, подвоєння куба, квадратури круга, п'ятого постулату Евкліда. Такі перлини науки ілюструють могутність інтелекту

Студентів потрібно знайомити з основами математики, важливими течіями в філософії математики (гносеологічний атомізм, що привів до аксіоматизму, природничо-наукова методологія, релятивізм, системний підхід і т.п.); розкривати їм природу математичних понять (платонізм, реалізм, номіналізм, концептуалізм, діалектичний матеріалізм); навчати методам пізнання, виділяючи п'ять рівнів (рівень частковонаукових методів, які призначені для розв'язання конкретних задач, рівень найбільш загальних наукових методів даного розділу науки, загальнонаукові методи (наприклад, індукція, дедукція, аналіз, синтез, аналогія, узагальнення, алгоритмізація, моделювання, тощо); загальнотеоретичні основи дослідження, тобто загальні основи спеціальних наук, рівень філософської методології [2].

Викладання математики не може зводитись до викладу однієї лише формальної логіки науки, воно не може не стосуватись проблем розвитку понять і теорій математики, боротьби протилежностей в їх тенденціях, випадків переходу кількісних характеристик в якісні і т.п.

На розвиток понять у викладанні математики майже не звертається увага. Кожна наука має справу зі своїми поняттями і не цікавиться тим, якими вони були в уявленні студента раніше, в іншій науці. Проте методологічно правильна постановка викладання математичних курсів вимагає відзначати ці аспекти, формуючи тим самим їх філософські ідеї. Щоб зрозуміти зміст якої-небудь формули чи рівняння, потрібно не тільки їх знати, але і бачити, які висновки з них випливають, які найбільш характерні їх часткові і граничні випадки. Суті предмета навіть на завершальному етапі вивчення студент може не вловити. Всі роз'яснення повинен здійснити викладач, який зробить методологічні коментарі до теорем і формул, що повинні знаходитись "між" теоремами, цементуючи їх в одне ціле. Хотілось би, щоб такі відомості частіше зустрічались в навчальній літературі, висвітлювався б зв'язок не тільки між різними проблемами всередині даної науки, але і безпосередній зв'язок між окремими проблемами різних математичних дисциплін, різних наук [4].

Методика викладання математики тісно пов'язана з методами міркувань, доведень, побудов, прийомами введення нових понять та ідей, способів викладу, методологічних підходів. Як говорив М.І.Лобачевський, "в математиці найважливішим є спосіб викладання."

Щоб чітко і обґрунтовано подавати алгоритми кращої організації навчання того чи іншого розділу математики, майбутній вчитель повинен бути обізнаний з різними методами дослідження, а викладач математики вищу – знати вихідні принципи методики навчання вищої математики. Наприклад, у вузівському курсі математики найважливіші поняття (функція, похідна, група та ін.) повинні визначатись класично, а начала відповідних теорій слід викладати традиційно. Після того, як традиційний підхід здійснено і самі начала математики студентами засвоєні, можна і, навіть бажано, урізноманітнити арсенал методичних прийомів викладання і природних методів доведення теорем. Найбільш важливі теореми корисно довести двома способами – стандартно і узагальнено. Нетрадиційні підходи і нестандартні методики можна реалізувати в проблемних групах, наукових гуртках, при виконанні курсових та кваліфікаційних робіт.

Слід було б, на нашу думку, ввести в навчальні плани підготовки вчителя математики спеціальний курс історії вітчизняної шкільної математичної освіти. Історико-

методична підготовка дозволить формувати уявлення про динаміку впровадження досягнень математики як науки в шкільну освіту, залежність цієї динаміки від зовнішніх обставин і персоналій, вона має яскраво виражену професійно-педагогічну спрямованість, активно формуючи математичну, педагогічну і методичну культуру вчителя математики.

Курси з історії математики, методології і філософії математики, історії вітчизняної шкільної математичної освіти відіграють важливу роль у формуванні технології гуманітаризації математичної освіти, як однієї із сучасних педагогічних технологій.

Великі можливості у формуванні математичної культури мають також позааудиторні форми роботи: проектні завдання з історії математики, формування епонімного словника термінів, пов'язаних з іменами творців математики, складання біографічних довідок, хронологічних таблиць еволюції математичних теорій, презентації на засіданнях гуртків, випуск математичних бюлетенів і т.п.[1].

Оволодіння технологією гуманітаризації математичної освіти у вузі дозволить майбутньому вчителю математики впроваджувати її при викладанні в школі за такими напрямками:

1. Лінгвістичний: етимологія термінів, зв'язок назви з походженням поняття, переклад на українську мову.

2. Історичний: виникнення понять, основні історичні стимули розвитку, історія відкриттів різних галузях математики, короткі біографічні відомості про видатних математиків.

3. Філософський: відношення математики до матеріальної дійсності, практика як критерій істинності, внутрішні проблеми самої математики.

4. Логічний: узагальнення понять, класифікація, різні види умозаключень (індукція, дедукція, аналогія), логічні методи наукового мислення: доведення, аксіоматичний метод, гіпотеза та ін.

5. Мистецтвознавчий: симетрія в природі, архітектурі, орнаментах, золотий переріз і пропорції в архітектурі, живопису, музиці, лінійна перспектива і т.п.

#### Література

1. Бевз В.Г. Історія математики у фаховій підготовці майбутніх учителів: монографія / В.Г.Бевз. – Київ: Нац. пед.ун-т ім. М.П.Драгоманова, 2005. – 359 с.

2. Вечтомов Е.М. Філософія математики: Монографія / Е.М. Вечтомов. – Киров : Изд-во ВятГУ, 2004. – 192 с.

3. Ілляшенко В.Я. Методологічна та методична підготовка вчителя математики в університеті /В.Я. Ілляшенко, В.М. Кремь //Матеріали 10-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління". – Х.: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2010. – с.165-167.

4. Ілляшенко В.Я. Філософський та історичний підхід до математичної освіти /В.Я. Ілляшенко, В.М. Кремь //Матеріали 11-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління". – Х.: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2011. – с.187-188.

5. Ілляшенко В.Я. Формування духовної культури студентської молоді у процесі навчання математики /В.Я. Ілляшенко // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "Математика в сучасному технічному університеті". – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – с.170-173.

6. Ілляшенко В.Я. Принципи історизму в навчанні математики /В.Я. Ілляшенко // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Математика в сучасному технічному університеті". – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – с.160-162.

**Ілляшенко В.Я. Історико-методологічна підготовка майбутнього вчителя математики в університеті.**

**Анотація.** В доповіді розкриваються основні напрями історико- методологічної підготовки майбутнього вчителя математики в університеті.

**Ключові слова:** світогляд, світоглядні ідеї математики, методологія, методи пізнання, філософія математики.

**Ilyashenko V. Historical and methodological training of future teachers of mathematics at the University.**

**Abstract.** The report reveals the main areas of historical and methodological training future teachers of mathematics at the university.

**Key words:** philosophy, philosophical ideas of mathematics, methodology, methods knowledge, philosophy of mathematics.



**Козеренко С.І.**  
кандидат педагогічних наук  
доцент кафедри загальної та прикладної фізики  
Київський національний педагогічний університет  
імені М.П.Драгоманова  
м. Київ, Україна  
*kzf@ukr.net*

## **РОЛЬ ВИВЧЕННЯ ОСНОВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ В ШКОЛІ В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ**

Входження України у європейський світовий освітній простір вимагає проведення модернізації змісту освіти в контексті її відповідності сучасним потребам. Передусім вагомим значення набуває середня освіта – центральна ланка в освітній системі будь-якої країни та основа для успішного здобуття освіти наступних рівнів й самоосвіти протягом усього життя. У рекомендаціях Європарламенту та Ради ЄС визначено вісім основних компетентностей, які мають бути сформовані через освіту, необхідні кожній людині для особистого становлення. Однією з компетентностей є базові компетентності з природничих наук та технологій; цифрові компетентності. Виходячи з цього основним завданням вивчення курсу (основи радіоелектроніки) в школі є поглиблення знань з фізики та розширення політехнічних знань і ознайомлення з практичним використанням курсу загальної фізики в різних галузях виробництва і побуту. Виходячи з цих завдань в основу процесу навчання покласти практичні дії учнів. Вивчення основ радіоелектроніки в середній школі має відтворювати принцип прозорості і перспективності в яких слід врахувати елемент швидкого досягнення практичних (наочних) результатів у вигляді діючих пристроїв або моделей. Для забезпечення ефективної практичної роботи важливим є створення відповідних умов роботи на інформаційно-методичному центрі, яким може бути кімната, кабінет, в яких представлені основні стенди та теоретичні матеріали, схеми та інвентар для здійснення монтажних та розрахункових робіт. Останнім часом в середніх загальноосвітніх школах відмічається певна інтегрованість в розгляді законів природи на рівні вивчення основ фундаментальних та прикладних наук, якою є зокрема радіоелектроніка. Скорочення, або деяке узагальнення програм з декількох дисциплін політехнічної підготовки компенсується більш чітким висвітленням питань політехнічного змісту в курсі загальної фізики. В курсі загальної фізики розглядають не тільки самі явища природи і закономірності, яким вони підпорядковуються, і багаточисленні приклади використання фізичних знань в науці, виробництві. Однак розрізнені приклади не можуть забезпечити системи знань про практичне використання фізики. Це можливе лише в результаті послідовного, цілісного вивчення фізичних основ тієї чи іншої області виробництва. Розвиток пізнавального інтересу до фізики і техніки, творчих здібностей, формування усвідомлених мотивів навчання відбувається в цілому через побудову факультативних занять так, що більшість питань програми не викладаються учням у готовому вигляді, а подаються через рішення вправ і задач на конструювання, розбираються та усвідомлюються учнями самостійно в ході виконання практичних та лабораторних занять.

## Література

1. Є. Романенко Реформа вищої школи.
2. А. В. Касперський Система формувань знань з радіоелектроніки у середній та вищій педагогічних школах. К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2002.
3. Левшенюк В. Я. Электронные приборы для демонстрационного учебного эксперимента по физике. – Могилев.: МГУ им. А. А. Кулешова, 2013.

**Анотація.** Основним завданням вивчення курсу (основи радіоелектроніки) в школі є поглиблення знань з фізики та розширення політехнічних знань і ознайомлення з практичним використанням курсу загальної фізики в різних галузях виробництва і побуту.

**Ключові слова:** базові компетентності, творчі здібності, основи радіоелектроніки.

Candidate of Sciences Associate Professor of General and Applied Physics Kyiv National Pedagogical Dragomanov Universitym. Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The main objective of the study course (fundamentals of electronics) in school is to deepen the knowledge of physics and polytechnic expansion of knowledge and information on the practical use of general physics course in different areas of production and life.

**Key words:** basic competence, creativity, basics of electronics.

**Мисліцька Н.А.**

кандидат педагогічних наук, доцент,  
доцент кафедри фізики і методики навчання фізики  
*mislitskay@gmail.com*

**Заболотний В.Ф.**

доктор педагогічних наук, професор,  
завідувач кафедри фізики і методики навчання  
фізики,

Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського,  
м.Вінниця, Україна,  
*Zabvlad@gmail.com*

## **МЕТОДИЧНА ПРОПЕДЕВТИКА В ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ**

Важливою складовою фундаментальної і методичної підготовки є експериментальна діяльність. Оволодіти будь-якою діяльністю можливо у випадку багатократного її виконання. Саме тому в навчальні плани підготовки бакалаврів фізики включені лабораторні роботи з загального курсу фізики.

Доцільність і важливість організації навчальних занять з дослідження фізичних явищ і процесів відзначали такі відомі фізики як І.А. Іоффе, П.Л. Капіца, Л.Д. Ландау, П.Я. Лебедев, Дж. Максвелл тощо. На їх думку, вивчати будь-яке явище в природі (падіння тіла, розряд в трубці, барометричний тиск) необхідно як експериментальне фізичне дослідження, в процесі проведення якого слід з самого початку звертати увагу на методику фізичних досліджень [1, с.228].

Тому, починаючи з середини 18-го ст. в університетах створюються навчальні і наукові лабораторії, в яких студенти проводили експериментальні фізичні дослідження. У вищих навчальних закладах України виконання лабораторних робіт з загального курсу фізики проводиться у формі практикуму. В багатьох закордонних ВНЗ лабораторні роботи проводяться фронтально: всі студенти отримують однакові завдання, але кожний виконує його самостійно на окремій експериментальній установці з різними вихідними даними.

Для методичного супроводу лабораторних робіт існує низка навчальних посібників, які містять описи лабораторних робіт [2].

В процесі виконання кожної лабораторної роботи розв'язується низка завдань, серед яких можна відзначити наступні: набуття студентами умінь пояснювати фізичну суть явища, яке досліджується в роботі; характеризувати об'єкт дослідження, виділяючи його особливості; пояснювати фізичні основи методики вимірювань, яка використовується в роботі; працювати з приладами, проводити вимірювання, обчислювати похибки прямих і непрямих вимірювань; подавати результати експерименту у вигляді зведених таблиць і графіків; аналізувати отримані результати, робити обґрунтовані висновки, скласти звіт з роботи.

Усіх цих умінь можна набути лише в результаті цілеспрямованої самостійної роботи при серйозному і вдумливому ставленні до справи. Особливість занять лабораторного практикуму полягає в тому, що вони, на відміну від інших навчальних занять, з перших кроків вимагають самостійності (яка поступово повинна стати практично повною) і свідомої активної роботи не лише в лабораторії в процесі складання установки і проведенні вимірювань, але і під час аналізу інструкції та установки до лабораторної роботи, підготовки до вимірювань, обробці результатів та складанні звіту тощо. Тому виконання кожної лабораторної роботи з фізики необхідно починати з вивчення її опису і приведення знань у систему. Лише ґрунтовна і систематична підготовка до кожної роботи надасть можливість

студентам свідомо виконувати лабораторні роботи з фізики і цілеспрямовано виробляти необхідні для майбутньої діяльності уміння, навички і способи дій.

Для цього нами розроблені узагальнені конструктиви для самопідготовки до виконання лабораторної роботи, виконання і оформлення звіту до лабораторних робіт тощо: конструктив «Самопідготовка до лабораторної роботи», конструктив «Аналіз фізичного явища», конструктив «Підготовка установки до роботи», конструктив «Розрахунок похибок», конструктив «Побудова та аналіз графіка залежності однієї фізичної величини від іншої». Нижче наведемо приклади конструктивів діяльності.

*Конструктив «Самопідготовка до лабораторної роботи».*

- I. Прочитати інструкцію до лабораторної роботи та опрацювати навчальний матеріал з теми роботи.
- II. Проаналізувати явище, яке досліджується в роботі. Для цього скористатись конструктивом «Аналіз фізичного явища».
- III. Встановити, які фізичні явища покладено в основу експериментального методу визначення фізичних величин.
- IV. Встановити, який тип дослідження виконується і конкретизувати його (знаходження значення фізичної величини, перевірка або встановлення залежності тощо).
- V. Встановити фізичні величини, які визначаються прямими вимірюваннями, а які непрямыми.
- VI. Записати сталі, які використовуються в лабораторній роботі (табличні дані, параметри зразка), які потрібні для виконання роботи.
- VII. Вивчити будову, принцип дії приладів для прямого вимірювання фізичних величин (за інструкцією або технічними інструкціями до приладів).
- VIII. Вибрати спосіб кодування результатів дослідів (протоколи, таблиці, рисунки, фотознімки).
- IX. Визначити, які графіки слід замалювати після виконання роботи і яку інформацію з них отримати.
- X. Записати формули похибок для величин, які обчислюються непрямыми методами.

*Конструктив «Аналіз фізичного явища»*

1. Вказати, яке явище досліджується.
2. Проаналізувати означення явища, яке подане в навчальних посібниках і підручниках.

Для цього виділити з означення фізичного явища узагальнені знання про його структурні елементи:

- про об'єкт (МО1), стан якого змінюється;
- про об'єкт (МО2), вплив якого на МО 1 призводить до зміни його стану;
- про результати цього впливу - зміни стану МО 1;
- про умови, в яких відбувається вплив МО 2 на МО1.

3. Вивчити і проаналізувати елементи експериментальної установки, їх властивості та вказати об'єкт дослідження, об'єкт впливу, додаткові елементи, індикатор, умови взаємодії.

4. Вказати величини, які характеризують дане явище.
5. Вказати закони, закономірності, які описують дане явище.

Окрім того, нами розроблено узагальнені контрольні питання для самоперевірки студентом і перевірки викладачем ступеня готовності студента до виконання лабораторної роботи. Ця система питань дуже важлива і з іншої причини. Психологами встановлено, що процес надбання і розвитку знань не може протікати і навіть початися без постановки і розв'язання найрізноманітніших питань. Будь-який крок в пізнанні випереджує питання про те, чим дана інформація важлива. Саме питаннями виражається перше пробудження думки. Оволодіння вмінням правильно ставити питання не менш важливе, ніж знаходження способів отримувати відповіді. Тому, використовуючи принцип

підходу до експерименту, заданий узагальненими питаннями, необхідно вчитися ставити і формулювати питання, пов'язані зі змістом роботи.

Окрім розробки конструктивів діяльності для студентів, нами удосконалено інструкції до низки лабораторних робіт з загального курсу фізики. Таким чином, ґрунтовний підхід до проведення самопідготовки і виконання лабораторних робіт з використанням елементів пропедевтики методичних знань забезпечить розуміння сутності і техніки проведення дослідження, сприятиме якісному формуванню експериментальних умінь студентів, тим самим забезпечить пропедевтику формування експериментальної складової методичної компетентності студентів.

#### Література

1. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика / Петр Леонидович Капица. – Москва: Наука, 1987. – 498 с.
2. Кучерук І. М. Обробка результатів фізичних вимірювань / І. М. Кучерук, В. П. Дущенко. – Київ: Вища школа, 1981. – 216 с.
3. Фізичний практикум: навчальний посібник для педагогічних інститутів. Ч. 1 / за ред. В. П. Дущенко. - К.: Вища школа, 1981. - 248 с.

#### **Мисліцька Н. А., Заболотний В.Ф. Методична пропедевтика в організації підготовки і проведення лабораторного практикуму з загальної фізики**

**Анотація.** У роботі актуалізується проблема формування знань і умінь студентів в процесі організації і проведення лабораторного практикуму з загального курсу фізики. Запропоновано авторські конструктиви діяльності для самопідготовки студентів до лабораторної роботи, її виконання та обробки результатів. Розроблені конструктиви сприятимуть як поглибленню фундаментальних знань студентів так і слугуватимуть пропедевтиці методичних знань та умінь.

**Ключові слова:** лабораторний практикум, загальна фізика, лабораторні роботи, конструктиви діяльності, самопідготовка до лабораторної роботи.

#### **Myslitska N., Zabolotny V. Methodical propedeutics in organizing training and practical laboratory of General Physics**

**Abstract.** In the article the problem is considered of forming of knowledge and skills of students in the organization and conduct of laboratory work on the general course of physics. Proposed activity author constructs for self students for laboratory work, its performance and results processing. Designed constructs will both advance fundamental knowledge of students and serve propaedeutics teaching knowledge and skills.

**Key words:** laboratory practice, general physics, laboratory work, constructs activities, homework for laboratory work.

**Нечипорук Б.Д.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри методики викладання фізики та хімії,  
*bodya-54@mail.ru*

**Новоселецький М.Ю.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики,  
Рівненський державний гуманітарний  
університет,  
м. Рівне, Україна  
*mnov@meta.ua*

## **ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ У ПРОФЕСІЙНОМУ СТАНОВЛЕННІ ФАХІВЦЯ-ЕКОЛОГА.**

Пріоритети цивілізації технократичного типу націлені на подальше розширення влади над природою без урахування можливих негативних наслідків. Механістичний, фактично антропоцентричний світогляд допускає всездозволеність людської діяльності в природі. Догматичність механістичного світогляду стримувала пошуки нових підходів до осмислення теорії і практики взаємодії природи і суспільства, а консервація індустріального типу розвитку суспільства обумовлювала живучість старих світоглядних орієнтирів, згідно яких Природа – як неживий склад ресурсів і багатства, повинна використовуватися відповідно до волі і бажань Людини. Була створена філософія підкорення природи. Подібний агресивно-споживчий антропоцентризм складає світоглядну підвалину екологічної кризи.

Безумовно, люди не можуть припинити змінювати природу, але вони можуть і повинні припинити змінювати її необдумано і безвідповідально, не враховуючи вимог екологічних законів. Лише тоді, коли діяльність людей буде відповідати об'єктивним вимогам цих законів, зміна природи людиною стане способом її збереження, а не руйнування. Людство перейде у сферу розуму – ноосферу [1].

Унаслідок усвідомлення того, що глобальний характер впливу людської діяльності на природне середовище став сумною реальністю, було визнано, що вплив антропогенних чинників на природу, який не контролюється, досяг порогу її самозахисту, і виникла ідея свідомого управління еволюцією біосфери. Для вирішення протиріч технічного прогресу стали створювати програми практичних дій, таких як програми «Римський клуб», «Globalchange», «Геосфера - біосфера» та ін.. Кожна з них, незалежно від її початкових посилок, зіткнулася з проблемою співвідношення еволюції природного середовища і людської культури.

Отже, у III тисячолітті людство повинно знайти відповідь на «екологічний виклик», зумовлений цивілізацією 20 століття. Якщо у 70-х роках йшло усвідомлення специфіки взаємодії суспільства і природи в умовах науково-технічної революції (НТР), а в 80-х роках вироблялася тактика пом'якшення соціально-екологічної ситуації і «гасіння» гострих «екологічних пожеж» локального і регіонального масштабу, то на початку 21 століття людство повинно, щоб екологічно вижити, розробити і приступити до активної реалізації єдиної глобальної стратегії загальносвітового розвитку, яка забезпечить якість

навколишнього середовища. Таким чином, етично-філософські принципи технократичної цивілізації, націлені на збільшення влади Людини над Природою, виявилися неспроможними. Людство постало перед вибором, результати якого є вирішення питання про його власне виживання і подальший розвиток.

Численні розрахунки показують, що ніякі безвідходні технології та інші природоохоронні дії при всій їхній абсолютній і життєвій необхідності, самі собою не здатні вирішити проблему рятівного взаємовідношення Людини і Природи. Потрібно, ймовірно, набагато більше. При нинішній незбалансованості виробництва і споживання з природними циклами біосфери, подібні заходи допоможуть лише виграти деякий час для радикальної перебудови всієї системи загалом, і найбільше – людської свідомості. Питання стоїть про якомога ширшу екологізацію суспільної свідомості. Екологічна свідомість – найважливіший компонент екологічної культури, яка об'єднує всі види і результати матеріальної і духовної діяльності людей, спрямованої на досягнення оптимальної взаємодії суспільства і природи, на екологізацію матеріального і духовного життя суспільства. Оптимальне управління сучасною екологічною ситуацією на засадах екологічного світогляду передбачає регулюючі впливи людини на природу на науково-теоретичному, практичному та технологічному рівнях [8].

До вирішення цих та інших проблем повинні бути готові екологи, особливо ті, хто готується ними стати. Вони повинні відійти від традиційного інспекторського характеру діяльності до просвітницької, прогностичної та інших видів роботи, які є основою формування екологічної свідомості. У становленні екологів професіоналів фізична освіта є не лише основою для формування ключових і професійних компетентностей, а й фундаментом для успішного засвоєння споріднених дисциплін. Фізика виступає не лише як генератор технічного прогресу та освітній предмет, а й як основа розуміння природних процесів та передвісник наслідків людської діяльності.

Дослідження термодинаміки відкритих систем і вивчення процесів самоорганізації в не рівноважних системах дали змогу зрозуміти фізичні процеси самоорганізації у неживій і живій природі. Елементи або системи живої і неживої природи є відкритими термодинамічними системами, які далекі від стану рівноваги. Їх пронизують потоки енергії і речовини і тому в них проходять процеси структуризації, самоорганізації. Людство різними шляхами повинно зрозуміти, що треба зберегти біоту, бо вона збереже нас. Рушійними силами, які підтримують біосферу в стійкому стані, є біорозмаїття популяцій та їх динаміка, реалізація різних життєвих стратегій. Таким чином, самоорганізація систем в природі базується на фундаментальних фізичних принципах.

Згідно концепції екологічної освіти в Україні [4], програми підготовки фахівців екологів повинні передбачати: здобуття відповідного обсягу теоретичних знань з їх втіленням в майбутню галузеву діяльність; розвиток необхідного обсягу практичних екологічних знань в галузі охорони зовнішнього навколишнього середовища та раціонального природокористування, уміння моделювати екологічні ситуації з орієнтацією на управління ними; розвиток усвідомлення реальності екологічної кризи і шляхи їх запобігання; здійснювати заходи з охорони довкілля з позицій сучасної екології, економіки,

законодавства; вміння ефективно користуватися сучасними інформаційними технологіями для вирішення екологічних завдань. Екологічна проблематика відкриває перед фізикою широку перспективу практичних досліджень. Виникнення, наслідки та вирішення екологічних проблем (парниковий ефект, механічне, іонізаційне забруднення біосфери, руйнація озонового шару, використання трансгенних організмів тощо) насамперед пов'язано з фізичними, біологічним та хімічними дисциплінами [2,5,6,7,9].

Питаннями структури й особливостей професійних компетенцій займалися Н. Бібік, А. Маркова, А. Хуторянський, А. Філіпова та ін. Формуванню екологічної компетентності присвячені дослідження Л. Руденко, Л. Титаренко, Н. Пустовіт та ін.

Роль фізики у вирішенні проблем екологічної освіти розглядалися Л. Тарасовим, Л. Чуйковою, Н. Виноградовою та ін. Були запропоновані наступні напрями навчання студентів фізиці: включення в підручники з фізики матеріалу екологічного спрямування, демонстрація вагомості фізичних знань для вирішення актуальних екологічних проблем, формування «природоохоронних» умінь шляхом розв'язування задач і виконання лабораторних робіт екологічного змісту. Але аналіз показує, що студенти не пам'ятають матеріал екологічного характеру і не користуються науковими знаннями для розв'язування практично вагомих задач. Фізичні знання не є основою діяльності студентів для розробки методів розв'язування задач, аналогічних професійним.

Отже, існуючі підходи екологічної спрямованості навчання студентів фізиці не є оптимальними, що негативно відіб'ється у подальшій практичній роботі. Існуючі протиріччя і зумовлюють проблему дослідження.

Для підготовки студентів екологів практично відсутні підручники з фізики з відповідним змістовим наповненням. Авторами робиться акцент на включення повідомлень екологічного (прикладного) характеру, показ вагомості фізичних знань для вирішення екологічних проблем, тобто на повідомлення додаткової інформації. Як правило вона подається у «готовому вигляді» і існує сама собою. У цьому плані вигідно виділяється підручник Ю.І. Посудіна «Фізика» [3].

Те, що знання не є основою діяльності, підтверджується і тим, що студенти слабо володіють навиками роботи з приладами та технічними пристроями, за допомогою яких здійснюється контроль за параметрами стану довкілля, хоча вони детально описані в літературі.

Більшість авторів вважають, що формування «природоохоронних» умінь здійснюється через задачі, вправи, лабораторні роботи. Пропоновані збірниками задачі спрямовані в більшості випадків на відпрацювання окремих дій – знайти значення фізичної величини. Студентом усвідомлюється лише вимога задачі, а не умова, у якій закладена екологічна інформація.

Стосовно лабораторних робіт можна відмітити наступні проблеми: 1) відсутність спеціального обладнання; 2) методика проведення лабораторних робіт не передбачає самостійні розробки ідей експериментального вирішення проблеми. Студенти часто не можуть проаналізувати отримані результати, тобто вони залишаються неусвідомленими.

Напрями реалізації екологічної спрямованості навчання фізиці можуть бути наступними:



- 1) підготовка підручників нового змісту для екологів та біологів. Вони повинні бути основою формування природничої картини світу, а отже, і екологічної свідомості;
- 2) акцентування на вагомості фізичних знань для забезпечення життєдіяльності людини і навколишнього середовища;
- 3) розробити зміст природоохоронних вмінь і методик у їх формування у студентів-екологів.

#### **Література**

1. Вернадский В.И. Биосфера (Избранные труды по биогеохимии. – М.: Мысль, 1967. 376с.
2. Некос В.Ю., Некос А.Н. Основи формування технології вищої екологічної освіти в Україні // Вища освіта України. – 2006. - №1. – С. 32 – 36.
3. Посудин Ю.И. Физика для биологов и экологов. Учебник. Киев-Пушино, 2012, 464с.
4. Про концепцію екологічної освіти в Україні. Рішення колегії Міністерства освіти і науки України. – 2002. - №7. – С.3-23.
5. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, практика, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 336с.
6. Романенко О.В., Костильов О.В., Решетняк Т.А. Наступність екологічної освіти як елемент формування світогляду // Екологія та ноосферологія. – 1996. – Т.2. - №3-4.-С.187-188
7. Рудишин С.Д. Основи біотехнології рослин: Навч. пос. – Вінниця: Гіпаніс, 1998.-224с.
8. Толстоухов А.В. Проблеми засад оптимального управління сучасною екологічною ситуацією // Studiamethodologica. 1988. Випуск 5. С. 79 – 81.
9. Шелях-Сосонко Ю.Р., Дідух Я.П. Теоретичні питання розвитку фітоценології // Укр. бот. журнал . – 1989, Т.46, - №2. – С.5 – 10.

#### **Нечипорук Б.Д., Новоселецький М.Ю. Проблеми фізичної освіти у професійному становленні фахівця – еколога**

**Анотація.** Розглянуті причини сучасної екологічної кризи і необхідність свідомого управління екологією біосфери. Аналізуються природні процеси з позицій фізичної науки. Розкриваються причини неефективності системи підготовки фахівця-еколога та вносяться відповідні пропозиції.

**Ключові слова:** біосфера, антропоцентризм, екологічна свідомість, професійна компетентність, фізична освіта, навчальні посібники.

#### **Nechyporuk B. D., Novoseletskyu N. Yu. Problems of physical education in professional development specialist-environmentalist**

**Abstract.** Examined causes of the modern ecological crisis and the need for conscious management environment of the biosphere. Natural processes are analyzed from the standpoint of physical science. Are the causes of inefficiencies in the system of training system of training specialist-environmentalist and puts forward relevant proposals.

**Key words:** biosphere, anthropocentrism, environmental awareness, professional competence, physical education, training manuals.

**Нещерет О.С.**  
кандидат пед. наук,  
доцент кафедри вищої математики,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ, Україна  
*awaywith@yandex.ru*

## **ВИКОРИСТАННЯ МАХІМА ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Отримання фундаментальних знань з курсу «Вища математика» для студентів технічних спеціальностей є основою для подальшого засвоєння спецдисциплін. Усвідомлення і закріплення через досвід дослідницької діяльності під час лабораторних робіт допоможе створити міжпредметні зв'язки та у формуванні у студентів цілісної системи знань і уявлень як про теоретичні основи, так і про шляхи застосування отриманих знань на практиці.

Тому необхідним є впровадження в курс вищої математики студентів ВНЗ лабораторних робіт, що сприяли б глибокому засвоєнню і розумінню студентами базових понять, правил, принципів і методів навчання дисциплін, їх взаємозв'язку з суміжними дисциплінами, а також шляхів їх використання на практиці. Лабораторні роботи, зазвичай, організуються за допомогою інтегрування у процес навчання систем комп'ютерної математики (СКМ), за допомогою яких можна, з одного боку, автоматизувати деякі рутинні дії, зосередивши увагу студента на опануванні понять і принципів, що вивчаються, а з іншого боку, виявити міжпредметні зв'язки різних дисциплін, дослідивши, як ті чи інші фундаментальні поняття реалізуються у прикладних галузях.

Системи комп'ютерної математики є засобом фундаменталізації навчання дослідження операцій, оскільки належать до сучасних програмних засобів, що дають змогу забезпечити *міжпредметні зв'язки* математики та інформатики, автоматизувати обчислювальний процес розв'язування задач прикладної спрямованості, зосередившись на побудові моделі та інтерпретації результатів обчислювального експерименту [1].

Сучасне наукове програмне забезпечення: Mathematica, Matlab, Maple, Mathcad та ін., – дає змогу підняти на новий рівень методик навчання математичних та інформатичних дисциплін та проведення наукових досліджень. За допомогою цих комп'ютерних систем можлива побудова, числове, аналітичне, графічне дослідження великої кількості задач, в тому числі за допомогою складних параметричних анімацій.

При виборі математичного пакету серед усієї різноманітності СКМ слід враховувати По-перше, для яких потреб необхідна СКМ (для наукових досліджень чи для супроводу навчального процесу). По-друге, вартість, якщо система є комерційною. По-третє, вибір СКМ залежить від задач, які необхідно розв'язувати. Не менш важливою умовою для вибору є доступність програмного засобу [2].

Для супроводу навчального процесу пропонується використовувати систему **Maxima**.

**Maxima** - система для роботи з символьними і чисельними виразами, що включає диференціювання, інтегрування, розкладання в ряд, перетворення Лапласа, звичайні диференціальні рівняння, системи лінійних рівнянь, многочлени, списки, вектори, матриці тощо.

**Maxima** виконує чисельні розрахунки високої точності, використовуючи точні дроби, цілі числа і числа з плаваючою точкою довільної точності. Система дозволяє будувати графіки функцій і статистичних даних в двох і трьох вимірах. Вихідний код **Maxima** може компілюватися на багатьох системах, включаючи Windows, Linux і MacOS X. На SourceForge доступні вихідні коди і виконувані файли для ОС Windows і Linux.

**Орієнтовна тематика лабораторних занять:** Операції над матрицями. Визначники. Обернена матриця. Матричні рівняння. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Вектори. Власні значення та власні вектори лінійного оператора. Прямі та площини. Криві та поверхні 2-го порядку. Комплексні числа. Елементарні функції. Границя функції. Неперервність функції. Похідна функції однієї змінної. Похідна функції однієї змінної. Застосування похідної до дослідження функцій. Застосування похідної до дослідження функцій. Функція багатьох змінних. Невизначений інтеграл. Визначений інтеграл. Застосування визначених інтегралів. Диференціальні рівняння першого порядку. Диференціальні рівняння вищих порядків. Застосування диференціальних рівнянь. Числові ряди. Функціональні ряди та ряди Фур'є.

Методичне забезпечення лабораторних робіт передбачає розробку інструкцій до лабораторних робіт і підготовку обладнання, необхідного для виконання запланованих дій студента. Структура інструкцій розроблялась з урахуванням цілей постановки лабораторних робіт і змісту міжпредметних зв'язків, які реалізувались між вищою математикою і спеціальними дисциплінами у кожній конкретній лабораторній роботі. З цих позицій до змісту інструкції були включені такі рубрики: тема; мета; завдання; необхідне обладнання; теоретичні відомості, які включають необхідну інформацію для розв'язання поставлених завдань прикладного змісту; звіт про виконання лабораторної роботи; контрольні питання (або додаткові завдання); список літератури та Internet-джерел, необхідних для опрацювання.

Студент, використовуючи Maxima, розв'язує поставлену перед ним задачу, і таким чином у нього не виникає психологічного бар'єру у застосуванні математичного апарату, а крім того він також усвідомлює, який матеріал треба повторити (або вивчити). Розв'язування задач прикладного характеру з використанням Maxima надає можливість формування професійних компетентностей.

#### Література

1. Кобильник Т.П. Системи комп'ютерної математики : Maple, Mathematica, Maxima / Тарас Петрович Кобильник. – Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2008. – 316 с.
2. Когут У. П. Передумови ефективної інтеграції ІКТ в навчальний процес бакалаврів інформатики педагогічного університету [Електронний ресурс] / Уляна Петрівна Когут// Інформаційні технології і засоби навчання. – 2011. – № 6(26). – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/571>.

**Нещерет О.С. Використання Maxima під час лабораторних занять з вищої математики для студентів технічних спеціальностей.**

**Анотація.** Науково обґрунтоване, педагогічно виважене і доцільне запровадження засобів ІКТ у вищих навчальних закладах сприятиме підвищенню рівня інформаційно-технологічного забезпечення і суттєвому зростанню фундаментальної математичної підготовки майбутніх спеціалістів.

**Ключові слова:** Maxima, вища математика, системи комп'ютерної математики, технічні спеціальності, організація.

**Neshcheret O.S. Use Maxima during laboratory studies on higher mathematics for students of technical specialties.**

**Abstract.** Scientifically based, educationally balanced and appropriate implementation of ICT in higher education will increase the level of information technology software and a substantial increase of basic mathematical training of future specialists.

**Key words:** Maxima, higher mathematics, computer systems mathematics, technical specialty, organization.

**Петруньок Т.Б.**  
асистент кафедри фізики  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
м. Київ, Україна  
*turowskaya@ukr.net*

## **МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАВДАНЬ ПРОФЕСІЙНОГО ЗМІСТУ У НАВЧАННІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ**

Сучасний рівень життя висуває підвищені вимоги до якості освіти у будь-яких сферах діяльності. Освіта повинна бути орієнтована на отримання прагматичних знань та на розвиток наукових форм мислення, що забезпечить формування у майбутніх фахівців здатності швидко адаптуватися в умовах, пов'язаних з їх професійною сферою. Що стосується будівельної галузі, то її розвиток відбувається дуже швидко, активно запроваджуються нові тенденції у будівництві, а тому ринок праці має поповнюватися фахівцями з високим рівнем фахової компетентності. Фахівець будівельної галузі повинен вміти вирішувати основні науково-технічні проблеми та прогнозувати перспективи розвитку будівельної науки, техніки і технологій; створювати та експлуатувати будівельні об'єкти, інженерні системи, вироби та конструкції тощо. Зрозуміло, що набути високого рівня фахової компетентності майбутній інженер-будівельник може лише за умов, коли у процесі його підготовки ефективно запроваджуються елементи професійно орієнтованого навчання. Отже, завдання вищого будівельного навчального закладу полягає у здійсненні підготовки інженерів-будівельників з максимальним урахуванням таких знань, вмінь та навичок, що необхідні для забезпечення їх професійної діяльності, адже головними характеристиками фахівця є його компетентність та мобільність.

Згідно освітнього стандарту, у будівельних вищих навчальних закладах фізика є основною фундаментальною дисципліною. Навчання фізики у будівельному вищому навчальному закладі включає в себе вивчення теорії у лекційному курсі та проведення практичних і лабораторних занять. При цьому курс фізики повинен задовольняти дві вимоги: бути наближеним до будівельних спеціальностей і залишатися єдиним, цілісним курсом, що становить основу науково-природничого світогляду майбутнього інженера. Проте, не дивлячись на те, що фізика є важливою дисципліною для майбутніх будівельників, відбувається значне скорочення кількості годин, які виділяються як на вивчення теорії, так і на практичні і лабораторні заняття. Окрім цього, більшість студентів не усвідомлюють на початковому етапі навчання свій вибір професії, тому така організація навчальної діяльності може призвести до формального отримання знань, без прояву ініціативи, значно може знизитися активність студентів та розвиток творчого мислення. Тому виникає потреба в оновленні і розробленні методичних підходів до проведення практичних занять при підготовці інженерів-будівельників, які має задовольняти вимогами професійно спрямованого навчання. Майбутній фахівець повинен засвоїти не лише теоретичну основу, а й навчитися застосовувати отримані теоретичні знання до розв'язання задач професійного змісту; поглибити розуміння теорії; оволодіти навичками самостійного виконання різних розрахунків; навчитися користуватися спеціальною літературою. Зміст практичних занять з фізики має бути логічно пов'язаний з лекційним курсом. На лекціях студенти ознайомлюються з основами фізичних знань в загальному вигляді, засвоюють матеріал, а на практичних заняттях вони поглиблюють, розширюють і деталізують ці знання, оволодівають матеріалом на більш високому рівні (навчаються аналізувати фізичні явища, узагальнювати факти, логічно мислити, використовувати знання для пояснення явищ та розв'язують

задачі). Очевидно, що на практичних заняттях необхідно розв'язувати задачі професійно спрямованого змісту, безпосередньо пов'язані із ситуаціями у будівництві, які ілюструють конкретні приклади застосування фізичних законів у будівельній справі. Тому практичні заняття є найважливішою формою організації навчального процесу при підготовці з фізики у вищому будівельному навчальному закладі, а розв'язування професійно орієнтованих фізичних задач є однією з найважливіших ділянок роботи в системі навчання фізики. Саме при використанні професійно орієнтованих завдань на практичних заняттях студенти набувають теоретичні знання, професійні вміння, у них розвивається професійне мислення, що в подальшому позитивно вплине на підвищення рівня їх кваліфікації і дасть майбутнім фахівцям можливість знаходити нові оригінальні ідеї, а також орієнтуватися у стрімкому потоці різної інформації у будівельній сфері. Особливо важливо відзначити, що в силу специфіки організації навчального процесу у будівельних вищих навчальних закладах частина навчального матеріалу взагалі не висвітлюється під час лекційних занять, а виноситься на розгляд на практичних заняттях. Тому у будівельній вищій школі практичні заняття набувають особливого значення.

Перевага практичних занять порівняно з іншими видами роботи студентів вищого будівельного навчального закладу полягає у тому, що вони об'єднують теоретичні знання і практичні вміння в навчально-дослідницькій діяльності. Основними цілями практичних з фізики у будівельному навчальному закладі є такі:

- ознайомлення студентів з новим навчальним матеріалом, який не був висвітлений на лекційних заняттях;
- узагальнення та систематизація знань з фізики, одержаних на лекційних та лабораторних заняттях;
- формування у студентів прийомів самостійної діяльності, а також способів продуктивного пізнання і раціонального мислення;
- висвітлення необхідності вироблення вмінь і навичок, що мають професійну спрямованість;
- формування елементів навчально-пізнавальної діяльності в умовах застосування діяльнісного підходу.

Логічна послідовність проведення практичних занять з фізики дає змогу структурувати знання для успішного їх закріплення, що підвищує якість навчання. Головною функцією практичних занять є формування у студентів вмінь та навичок щодо застосування фізичних знань на практиці, самостійного їх здобуття, уточнення і поглиблення. Мета практичних занять полягає у розширенні, структуризації фізичних знань, отриманих на лекційному занятті або безпосередньо під час практичного заняття у загальному вигляді та засвоєнні окремих елементів професійної діяльності. Тому у будівельному вищому навчальному закладі доцільно використовувати на практичних заняттях професійно спрямовані задачі, що забезпечить суттєвий внесок у формування системи фізичних знань майбутніх фахівців будівельної галузі. При цьому для розгляду доцільно пропонувати такі задачі, які не лише сприятимуть закріпленню знань, а й тренуватимуть розумову діяльність та логічне мислення. Слід зазначити, що специфіка будівельної галузі забезпечує можливості використання різнопланових задач професійного змісту, розв'язання яких вимагатиме застосування знань з механіки, молекулярної фізики, термодинаміки, оптики (аналіз роботи механізмів, будівельного обладнання, пристроїв, які використовують при будівництві споруд різного призначення, систем газопостачання та водовідведення, доріг, мостів та ін., характеристик властивостей будівельних матеріалів та виробів тощо).

На нашу думку, найбільш доцільно використовувати на практичних заняттях завдання такого змісту:

- завдання, призначені для повторення та закріплення теоретичного матеріалу з висвітленням питань, які є основою глибокого розуміння фізики;
- завдання, які слугують для формування у студентів основних умінь і навичок застосування знань з фізики у подальшій професійній діяльності, що сприяє глибшому засвоєнню теорії і суті методів пізнання;
- завдання для систематизації й узагальнення знань.

Важливо зауважити, що при доборі або розробленні завдань професійного змісту слід дотримуватися таких методичних вимог:

- зміст задач повинен відповідати програмі курсу фізики, що розроблена для окремих спеціалізацій;
- професійно спрямовані задачі слід розділяти на дослідницькі, технологічні і конструкторські.

Наведемо приклад, зміст якої, використання пов'язаний з будівельною справою.

*Задача.* При будівництві підземних тунелів виникає потреба у штучному охолодженні і заморожуванні води та рідких ґрунтів. Визначити витрати енергії холодильної машини, що працює за оберненим циклом Карно, якщо необхідно заморозити воду з температурою  $10^{\circ}\text{C}$  і охолодити отриманий лід до  $-10^{\circ}\text{C}$  в об'ємі  $10^4\text{ м}^3$ . Реальний ККД машини становить 10% ідеального.

Для розв'язання цієї задачі необхідно знати, що таке цикл Карно, за якою формулою розраховується ККД холодильної машини, розуміти на що витратиться енергія холодильної машини.

Таким чином, для розв'язання проблеми підготовки студентів будівельних спеціалізацій необхідно проводити практичні заняття з використанням професійно орієнтованих завдань. Як показує досвід, описані методичні підходи до проведення практичних занять сприяють не лише більш міцному засвоєнню фундаментальних знань з фізики, але й інтеграції змісту дисципліни «Фізика» з дисциплінами професійного циклу підготовки.

#### Література

1. В.В. Куліш, А.М. Соловійов, О.Я. Кузнєцова, В.М. Кулішенко Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система: Навч. Посібник. - у 2 ч. Ч. 1. - К.: Книжкове вид-во НАУ, 2004. – 456 с.
2. Збірник задач з фізики: Навч. посібник / В.М. Казанський, Г.Д. Потапенко, Ю.І. Григораш, І.І. Кондратюк, С.Ф. Міщенко. – К.: ІСДО, 1993. – 172 с.

**Петруньок Т.Б. Методичні підходи до проведення практичних занять з фізики з використанням завдань професійного змісту у навчанні майбутніх інженерів-будівельників.**

Обґрунтовано, що набути високого рівня фахової компетентності майбутній інженер-будівельник може лише за умов, коли у процесі його підготовки ефективно запроваджуються елементи професійно орієнтованого навчання. Відзначено, що в силу специфіки організації навчального процесу у будівельних вищих навчальних закладах частина навчального матеріалу не висвітлюється під час лекційних занять, а виноситься на розгляд на практичних заняттях, що зумовлює їх особливе значення.

**Ключові слова:** майбутні інженери-будівельники, фахова компетентність, професійно орієнтоване навчання, практичні заняття з фізики.

**Petrunko T.B. Methodological approaches to practical lessons in physics tasks using professional content in teaching future engineers.**

Proved that to obtain a high level of professional competence of the future engineer can only be in a situation where in the process of preparing effectively implemented elements of professionally oriented education. It is noted that because of the nature of the educational process in building higher education part of the curriculum not covered during lectures and submitted for consideration to the practical training, which leads to their particular importance.

**Key words:** future engineers, professional competence, professionally oriented education, practical physics.

**Працьовитий М.В.**

професор, доктор фізико-математичних наук  
декан фізико-математичного факультету  
*prats4444@gmail.com*

**Гончаренко Я.В.**

доцент, кандидат фізико-математичних наук  
завідувач кафедри вищої математики  
*yan\_a@ukr.net*

**Лисенко І.М.**

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри методології та методики навчання  
фізико-математичних дисциплін вищої школи,  
*iryna.pratsiovyta@gmail.com*

**Савченко І.О.**

кандидат фізико-математичних наук,  
провідний спеціаліст відділу фрактального аналізу,  
*igorsav4enko@ukr.net*

**Маслова Ю.П.**

Аспірантка кафедри вищої математики,  
*julia0609mas@gmail.com*  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова,  
Київ, Україна

## **ФРАКТАЛЬНА ГЕОМЕТРІЯ ЧИСЛОВИХ РЯДІВ І ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТОХАСТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ, З НИМИ ПОВ'ЯЗАНИХ**

Геометрія числових рядів відносно молода галузь сучасної математики, яка займається вивченням властивостей множин неповних сум (підсум) числових рядів. Вона бере свій початок від піонерської роботи Какея (Kakeya S., 1914), в якій були описані найпростіші топологічні властивості множини підсум абсолютно збіжного ряду і сформульована гіпотеза про критерій її ніде не щільності. Гіпотеза отримала спростування лише через 65 років (А. Вайнштейн і Б. Шапіро (1980), Ц. Ференс (1984)). Повний опис топологічних типів множин неповних сум абсолютно збіжних рядів було отримано в кінці 20-го століття. В роботах Дж. Гатрі і Дж. Німана (1988) та Дж. Німана і Р. Сеінза (2000) доведено існування трьох топологічних типів множин підсум збіжних додатних рядів. Отримане твердження є теоремою існування, поглибленням його мали б стати ознаки та критерії, чого на даний момент в загальній постановці задачі фактично не існує. Разом з цим ряд дослідників, зокрема, авторів даного матеріалу, мають суттєві результати у певних класах числових рядів. Частково деталізуємо сказане.

Нехай  $A_2 \equiv \{0;1\}$ ,  $L = A \times A \times \dots \times A \times \dots$  – простір послідовностей нулів та одиниць;

$$r_0 = a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots = S_n + a_{n+1} + a_{n+2} + \dots = S_n + r_n < \infty \quad (1)$$

– заданий збіжний ряд.

Означення 1. Якщо  $M$  – підмножина множини натуральних чисел, то вираз  $\sum_{i \in M} a_i$  називається підрядом, а його сума  $x = x(M)$  – підсумою або неповною сумою ряду (1).

Очевидно, що  $x(M) = \sum_{i \in M} a_i = \sum_{i=1}^{\infty} \varepsilon_i a_i$ , де  $\varepsilon_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i \in M, \\ 0, & \text{якщо } i \in N \setminus M. \end{cases}$

Означення 2. Множиною неповних сум (підсум) збіжного ряду (1) називається множина

$$E(a_n) = \left\{ x : x = \sum_{i \in M \subset N}^n a_i, M \in 2^N \right\} = \left\{ x : x = \sum_{i=1}^{\infty} \varepsilon_i a_i, (\varepsilon_i) \in L \right\},$$

де  $M$  – пробігає множину  $2^N$  всіх підмножин множини натуральних чисел  $N$ , послідовність  $(\varepsilon_i)$  пробігає простір  $L$  послідовностей нулів та одиниць.

Множини неповних сум збіжних рядів, будучи континуальними та досконалыми, за своїми структурними, тополого-метричними та фрактальними властивостями бувають принципово різними. Наведемо приклади.

Приклад 1. Множина неповних сум двійкового ряду:  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^n} + \dots$

співпадає з відрізком  $[0;1]$ , оскільки будь-яке  $x$  з відрізка  $[0;1]$  подається у вигляді

$$x = \frac{\varepsilon_1}{2} + \frac{\varepsilon_2}{2^2} + \dots + \frac{\varepsilon_n}{2^n} + \dots = \Delta_{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n \dots}^2, \quad \text{де } \varepsilon_n \in A_2.$$

Приклад 2. Множина неповних сум ряду  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{3^n}$  є класичною множиною Кантора

$C$  (досконала, ніде не щільна множина нульової міри Лебега з фрактальною розмірністю Гаусдорфа-Безиковича  $\log_3 2$ ), оскільки будь-яке число цієї множини представляється у вигляді:

$$x = \frac{\alpha_1}{3} + \frac{\alpha_2}{3^2} + \dots + \frac{\alpha_n}{3^n} + \dots = \frac{2\beta_1}{3} + \frac{2\beta_2}{3^2} + \dots + \frac{2\beta_n}{3^n} + \dots, \quad \text{де } \alpha_n \in \{0;2\}, \beta_n \in A_2 = \{0;1\}.$$

Приклад 3. Якщо  $a_1 > \frac{1}{2^m}$ , то множина неповних сум ряду  $a_1 + \frac{1}{2^{m+1}} + \frac{1}{2^{m+2}} + \dots$  є

об'єднанням двох відрізків  $[0; 2^{-m}], [a_1; a_1 + 2^{-m}]$ .

Теорема 1. (Какея С.) [10] Множина підсум абсолютно збіжного ряду  $a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots \in$

- 1) досконалою множиною;
- 2) відрізком, якщо

$$|a_n| \leq |a_{n+1}| + |a_{n+2}| + |a_{n+3}| + \dots \quad \text{для всіх } n \in N$$

(для не зростаючої послідовності  $(|a_n|)$  остання умова є необхідною і достатньою);

- 3) ніде не щільною множиною, якщо

$$|a_n| > |a_{n+1}| + |a_{n+2}| + |a_{n+3}| + \dots \quad \text{для всіх } n \in N.$$

Какея висунув гіпотезу, що необхідною і достатньою умовою ніде не щільності множини неповних сум додатного ряду є існування нескінченної кількості значень  $n$ , при яких  $a_n > r_n$ . Цю гіпотезу спростовує наступний приклад (Гатрі Дж., Німан Дж. 1988 р.).

Приклад 4. Множиною неповних сум ряду  $\sum_{n=1}^{\infty} a_k$ , де

$$a_{2k-1} = \frac{3}{4^k} \quad \text{і} \quad a_{2k} = \frac{2}{4^k}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (2)$$



є канторвал – множина, яка містить внутрішні точки (а отже, відрізки), але не є об'єднанням відрізків. Відрізок  $[0,75; 1]$  повністю належить множині неповних сум цього ряду. У цьому прикладі  $r_{2n-1} > a_{2n-1}$ , і  $r_{2n} < a_{2n}$  для будь-якого натурального  $n$ .

Теорема 2. [9,12] Множина  $E\{a_n\}$  неповних сум збіжного знакододатного ряду  $a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots$  є однією з наступних:

- 1) скінченим об'єднанням відрізків;
- 2) гомеоморфною множині Кантора [22];
- 3) гомеоморфною множині  $T$  неповних сум ряду (2).

Таким чином, існує три топологічні типи: множина, що є об'єднанням відрізків, множина канторівського типу (досконала ніде не щільна), канторвал, але критерію на сьогоднішній день ще не знайдено, а уже відомі ознаки стосуються лише окремих нешироких класів рядів. Канторвали і їм відповідні ряди сьогодні є актуальним об'єктом дослідження. Непростою є проблема необхідних та достатніх умов ніде не щільності множини неповних сум абсолютно збіжного ряду.

Починаючи з 40-х років ХХ ст паралельно з дослідженнями топологічних властивостей множин неповних сум числових рядів велись дослідження їх метричних властивостей (задачі про міру Лебега). Першими вагомими результатами в цьому напрямі були роботи Т. Шалата. Розвитком метричної теорії сьогодні займаються значна кількість математиків світу. Разом з цим на даний момент невідомі необхідні і достатні умови нуль-мірності множини підсум збіжного ряду у загальній постановці задач. Ця проблема теж відноситься до класу непростих. Ніде не щільні множини неповних сум потенційно є фракталами простору  $R^1$ . Дослідження фрактальних властивостей множин неповних сум рядів – окремий напрям сучасних досліджень, який перебуває на стадії конструктивного розвитку.

Означення 3. Нескінченною згорткою Бернуллі, керованою рядом (1), називається розподіл випадкової величини  $\xi = \xi_1 a_1 + \xi_2 a_2 + \dots + \xi_n a_n + \dots$ , де  $(\xi_n)$  – послідовність незалежних випадкових, які набувають значень 0 і 1 з ймовірностями  $p_{0n}$  і  $p_{1n}$  відповідно ( $p_{in} \geq 0$ ).

Згідно з теоремою Джессена-Вінтнера нескінченні згортки Бернуллі мають чистий лебегівський тип розподілу (чисто дискретний, чисто абсолютно неперервний, чисто сингулярно неперервний), відомий критерій неперервності розподілу  $\xi$ :

$$\xi - \text{неперервна} \Leftrightarrow \prod_{n=1}^{\infty} \max\{p_{0n}, p_{1n}\} = 0,$$

але невідомий критерій абсолютної неперервності. Ця задача хвилює дослідників майже 100 років. В цьому напрямі є чимало результатів для різних класів рядів, зокрема, належних авторам.

Зв'язок геометрії числових рядів з теорією розподілів випадкових величин на цьому містку між галузями очевидний. І результати стосовно тополого-метричних і фрактальних властивостей числових рядів суттєво спростили б задачу про структуру, спектральні та фрактальні властивості розподілу випадкової величини  $\xi$ .

Існують різнопланові узагальнення нескінченних згорток Бернуллі, в дослідженнях яких геометрія числових рядів теж відіграє далеко не останню роль.

В найближчий час автори планують здобути наступні результати. Отримати:

1. умови: нуль-мірності, ніде не щільності, канторвальності тощо

- множини неповних сум класів числових рядів, заданих умовами однорідності;
2. оцінки та точні значення фрактальної розмірності (Гаусдорфа-Безиковича, ентропійної, клітинкової та інших) множини підсум абсолютно збіжного ряду, визначеного рекурентними співвідношеннями;
  3. опис залежностей властивостей арифметичної суми числових множин з фрактальними властивостями від властивостей доданків;
  4. достатні умови та критерії належності згортки Бернуллі, керованої заданим числовим рядом, до всіх трьох класів чистих лебегівських типів розподілів;
  5. лебегівську структуру суми випадкового ряду з марковською залежністю доданків;
  6. опис властивостей розподілів значень функцій з фрактальними властивостями від випадкового аргументу з наперед заданими властивостями, а також фрактальних властивостей випадкових рівнів неперервних ніде не монотонних функцій;
  7. для різних систем кодування чисел засобами числових рядів нормальні властивості дробової частини дійсного числа та розподіли чисел з заданими властивостями їх зображень;
  8. для різних класів параметричних сингулярних розподілів, породжених випадковими неповними сумами числових рядів обґрунтувати методи отримання статистичних оцінок параметрів (точкових та інтервальних), довести властивості отриманих оцінок (незміщеність, конзистентність, ефективність);
  9. довести теореми про існування оптимального критерію типу Неймана-Пірсона для перевірки гіпотез щодо значень параметрів сингулярних розподілів, обґрунтувати алгоритми перевірки відповідних статистичних гіпотез для різних класів сингулярних розподілів;
  10. для сингулярних розподілів досліджуваних класів дослідити властивості та встановити взаємозв'язки між метриками Кульбака-Лейблера, Хелінгера та  $\chi^2$ , використати отримані результати для обґрунтування критеріїв перевірки деяких статистичних гіпотез.

#### Література

1. *Albeverio S., Gontcharenko Ya., Pratsiovytui M., Torbin G.* Convolutoons of distributions of random variable with independent binary digits// *Random Operators and Stochastic Equations.* – 2007. – Vol. 15, no.1. – P.89-104.
2. *Albeverio S., Pratsiovytyi V., Pratsiovyta I., Torbin G.* On Bernoulli convolutions generated by second Ostrogradsky series and their fine fractal properties // *Preprint SFB-611, Bonn, №459, 2009.* – 29 p.
3. *Banakh T., Bartoszewicz A., Filipzak M., Szymonik E.* Topological and measure properties of some self-similar sets // *Topological Methods in Nonlinear Analysis.* – 2015. – 46(2). – P. 1013 -1028.
4. *Bartoszewicz A., Filipzak M., Szymonik E.* Multigeometric sequences and Cantorvals // *Central European Journal of Mathematics.* – 2014. – 12(7). – P.1000-1007
5. *Bohner M. and Peterson A.,* *Advances in Dynamic Equations on Time Scales,* Birkhduser Boston Inc, Boston, MA, 2003.
6. *Bourdin L. and Trülat E.,* *General Cauchy-Lipschitz theory for  $\square$ -Cauchy problems with Carathüodory dynamics on time scales,* *J. Differ. Equ. Appl.* 20(4) (2014), pp. 526–547.
7. *Bourdin L. and Trülat E.,* Pontryagin maximum principle for finite dimensional nonlinear optimal control problems on time scales, *SIAM J. Control Optim.* 51(5) (2013), pp. 3781–3813.
8. *Ferens C.* On the range of purely atomic probability measures // *Studia Math.* – 1984. – 77. – P.261-263.
9. *Guthrie J.A., Nymann J.E.* The topological structure of the set of subsums of an infinite series // *Colloq. Math.* – 1998. – 55, no. 2. – P. 323-327.
10. *Takeya S.* On the partial sune of an infinite series // *Tohoku Sci Rep/ - 1914/ - 3, no. 4* – P. 159-164.
11. *Nitecki Z.* Cantorvals and subsum sets of null sequences // *Amer. Math. Monthly.* – 2015. – 122(9). – P.862-870.
12. *Nymann J. E., Sáenz R. A.* On the paper of Guthrie and Nymann on subsums of infinite series // *Colloq. Math.*— 2000.— 83.—P. 323–327.
13. *Salat T.* Absolut konvergente Reihen und Hausdorffsche Mas // *Чехосл. мат. ж.* – 1959. – 9(84). – P.372-389.

14. *Salat T.* On subseries // *Math. Z.* – 1964. – 85. – P. 209-225.
15. *Salat T.* On subseries of divergent series // *Math. Casopis* – 1968. – 18(4). – P.312-338.
16. *Shmerkin P.*, On the exceptional set for absolute continuity of Bernoulli convolutions // *Geom. Funct. Anal.*, – 2014. – 24, no. 3. – P. 946–958.
17. *Барановський О.М., Працьовитий М.В., Торбін Г.М.* Ряди Остроградського-Серпінського-Пірса та їх застосування. – К. Наукова думка, 2013. – 288 с.
18. *Гончаренко Я.В., Працьовитий М.В., Торбін Г.М.* Фрактальні властивості деяких згорток Бернуллі // *Теорія ймовірност. матем. статист.* – 2008. – 79. – С. 43-49.
19. *Корсунь Н.О., Працьовитий М.В.* Про множину неповних сум знакододатних рядів з однією умовою однорідності та узагальнення двійкового зображення чисел // *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 1. Фіз.-мат. науки.* – 2009. – 10. С. 28-39.
20. *Лебідь М. В., Торбін Г. М.* Сингулярні та тонкі фрактальні властивості одного класу нескінченних згорток Бернуллі з суттєвими перекриттями // *Укр. мат. журн.* — 2015. — Том 67, № 12. — С. 1667–1678.
21. *Працьовитий М. В.* Геометрія класичного двійкового зображення дійсних чисел. – Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – 68 с.
22. *Працьовитий М.В.* Фрактальний підхід у дослідженнях сингулярних розподілів. – Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 1998. – 296 с.
23. *Працьовитий М.В., Савченко І.О.* Розподіл випадкових неповних сум знакододатного ряду з нелінійною властивістю однорідності // *Теорія ймовірностей та математична статистика.* Вип. 91, 2014, С. 136 -145.

**Працьовитий М.В., Гончаренко Я.В., Лисенко І.М., Савченко І.О., Маслова Ю.П. Фрактальна геометрія числових рядів і фрактальний аналіз стохастичних об'єктів, з ними пов'язаних**

**Анотація.** У доповіді пропонується огляд здобутків і проблем відносно молодій галузі сучасної математики – геометрії числових рядів, яка займається вивченням тополого-метричних і фрактальних властивостей множин неповних сум збіжних рядів, а також її застосувань в теорії ймовірностей, метричній та ймовірнісній теоріях чисел, теорії функцій та математичному аналізі. Висвітлюється зв'язок з нелінійною механікою, оптикою, фізикою пористих середовищ.

**Ключові слова:** множина неповних сум збіжного ряду, тополого-метричні та фрактальні властивості множин, автотодельні множини, геометрія числових рядів, згортки Бернуллі, множина Кантора, канторвал.

**Abstract.** In the talk, we discuss achievements and problems of the geometry of numerical series. This is a relatively young field of the modern mathematics studying topological, metric and fractal properties of the sets of incomplete sums of convergent series. We also consider its applications in probability theory, metric number theory, probabilistic number theory, function theory and mathematical analysis. Relations to nonlinear mechanics, optics, physics of porous environments are established.

**Key words:** set of incomplete sums of a convergent series, topological, metric and fractal properties of the sets, self-similar sets, geometry of numerical series, Bernoulli Convolutions, Cantor set, Cantorval.

**Працьовитий М.В.**

доктор фізико-математичних наук, професор  
декан фізико-математичного факультету  
м. Київ, Україна  
*prats4444@gmail.com*

**Маслова Ю.П.**

аспірантка кафедри вищої математики  
Національний педагогічний університет  
імені М.П.Драгоманова  
м. Київ, Україна  
*julia0609mas@gmail.com*

## ДВІЙКОВО-П'ЯТІРКОВА КАНТОРІВСЬКА СИСТЕМА ЗОБРАЖЕННЯ ДРОБОВОЇ ЧАСТИНИ ДІЙСНОГО ЧИСЛА

Для конструювання об'єктів неперервної математики з нетривіальними тополого-метричними властивостями все ширше використовуються різні системи кодування дійсних чисел з скінченним та нескінченним алфавітами, з нульовою та не нульовою надлишковістю, самоподібною та несамоподібною геометріями тощо. Теоретичні основи для розробки засобів дослідження таких пропонує чиста математика. Разом з цим чимало фізичних об'єктів, процесів і явищ адекватно описуються функціями зі складною тополого-метричною будовою та стохастичними математичними моделями, які мають фрактальні властивості і тонко відчують локальну неоднорідність. Серед знарядь опису та дослідження таких об'єктів є представлення та зображення чисел рядами Кантора, які узагальнюють класичне  $s$ -кове зображення чисел Веерштраса. Однією з таких систем, тісно пов'язаною з десятковою системою числення, є двійково-п'ятіркова система, зміст якої ми розкриваємо нижче.

Нехай  $(s_n)$  -- задана послідовність натуральних чисел, більших за 1,  $A_{s_n} = \{0, 1, 2, \dots, s_n - 1\}$ ,  $L = A_{s_1} \times A_{s_2} \times \dots \times A_{s_n} \times \dots$ . Відома теорема Кантора [1] стверджує, що для будь-якого  $x \in [0; 1]$  існує послідовність  $(\alpha_n) \in L$  така, що

$$x = \frac{\alpha_1}{s_1} + \frac{\alpha_2}{s_1 s_2} + \dots + \frac{\alpha_n}{s_1 s_2 \dots s_n} + \dots \equiv \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{(s_n)} \quad (1)$$

Розклад числа  $x$  в ряд (1) називається його  $s_n$ -представленням, а його символічний запис  $\Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{(s_n)}$  --  $s_n$ -зображенням. При цьому  $\alpha_n = \alpha_n(x)$  називається  $n$ -ною цифрою даного зображення.

Числа зліченної множини мають два представлення рядом (1). Це числа виду

$$\Delta_{c_1 \dots c_m}^{(s_n)} = \Delta_{c_1 \dots [c_m - 1] [s_{m+1} - 1] [s_{m+2} - 1] \dots [s_{m+k} - 1] \dots}^{(s_n)}$$

Вони називаються  $(s_n)$ -раціональними. Кожне з таких чисел очевидно є раціональним. Але не кожне раціональне число є  $(s_n)$ -раціональним. Решта чисел мають єдине  $s_n$ -зображення.

Зафіксуємо послідовність  $(s_n)$ :

$$s_n = \begin{cases} 2, & \text{якщо } n - \text{ не парне,} \\ 5, & \text{якщо } n - \text{ парне,} \end{cases}$$

ми отримуємо систему числення з базисною послідовністю

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{2 \cdot 5}, \frac{1}{2^2 \cdot 5}, \frac{1}{2^2 \cdot 5^2}, \frac{1}{2^3 \cdot 5^2}, \dots$$

яку називаємо канторівською двійково-п'ятірковою системою. У цій системі  $(s_n)$  - раціональні числа мають зображення:

$$\Delta_{c_1 \dots c_{2k-2} c_{2k-1}}^{(s_n)}(0) = \Delta_{c_1 \dots c_{2k-2} [c_{2k-1}-1]}^{(s_n)}(25), \quad \Delta_{c_1 \dots c_{2k-1} c_{2k}}^{(s_n)}(0) = \Delta_{c_1 \dots c_{2k-1} [c_{2k}-1]}^{(s_n)}(52).$$

**Зауваження.** Як випливає з сказаного, дана система (зображення) кодування дійсних чисел має нульову надлишковість і використовує змінний алфавіт. Розширення її можливостей перед звичайною десятковою системою обіцяє наступне твердження, яке є основою для перетрактування значної кількості відомих тверджень.

**Теорема 1.** Зв'язок між десятковим і двійково-п'ятірковим зображеннями одного і того ж числа

$$x = \frac{b_1}{10} + \frac{b_2}{10^2} + \dots + \frac{b_n}{10^n} \equiv \Delta_{b_1 b_2 \dots b_n}^{10} = \Delta_{a_1 a_2 \dots a_n}^{s_n},$$

встановлюється через формулами

$$b_n = 5a_{2n-1} + a_{2n},$$

де  $a_{2n-1} \in A_2, a_{2n} \in A_5, b_n \in A_{10}$ .

**Теорема 2.** Число  $x \in [0; 1]$  є раціональним тоді і тільки тоді, коли його зображення у канторівській двійково-п'ятірковій системі числення є періодичним.

У доповіді пропонуються результати дослідження властивостей двійково-п'ятіркового канторівського зображення чисел; застосування цієї системи для моделювання функціональних залежностей у фізичних, економічних та соціальних процесах, які мають властивості неперервності, іррегулярності та автомодельності, а також застосування її до задач компактизації інформації.

#### Література

1. Cantor G. Uber die einfachen Zahlensystems // Zeitschrift fur Math. und Physic., - 1869. - 14. S.121-128.
2. Працьовитий М.В. Система числення зі змінною основою та змінним алфавітом (або розвинення чисел в ряди Кантора) // Студентські фізико-математичні етюди, 2009, №8 – с.6-18
3. Працевитый Н.В. Непрерывные канторовские проекторы // Методы исследования алгоритмических и топологических структур. – К.: КПИ, 1989. – С.95-105.
4. Ралко Ю.В. Зображення чисел рядами Кантора та деякі його зображення // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 1. Фізико-математичні науки. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова. – 2009, № 10 – С.132-140.
5. Працьовитий М.В. Геометрія класичного двійкового зображення дійсних чисел. – Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – 68 с.
6. Працьовитий М.В. Фрактальний підхід у дослідженнях сингулярних розподілів. — Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 1998. — 296 с.
7. Працьовитий М.В., Маслова Ю.П. Про одне узагальнення системи функцій Радемахера та Уолша // Збірник праць Інституту математики НАН України 2016, т. 13, № 3. С. 85 – 96.
8. Працьовитий М.В., Маслова Ю.П. Аналог Трибін-функції, означений в термінах представлення чисел у двійковій та канторівській двійково-трійковій системах числення // Всеукраїнська науково-методична конференція «Сучасні науково-методичні проблеми математики у вищій школі», 7-8 жовтня 2016, Київ. - 65 с.
9. Працьовитий М.В. Нега-*s*-кове зображення як тривіальне перекодування *s*-кового зображення дійсних чисел // Всеукраїнська науково-методична конференція «Сучасні науково-методичні проблеми математики у вищій школі», 7-8 жовтня 2016, Київ. - С.60-61.

**Працьовитий М.В., Маслова Ю.П. Двійково-п'ятіркова канторівська система зображення дробової частини дійсного числа**

**Анотація.** Пропонуються результати дослідження зображення чисел у двійково-п'ятірковій канторівській системі (визначаючою послідовністю, якої є послідовність  $(s_n)$ , де  $s_n = 2$ , якщо  $n$  – непарне,  $s_n = 5$ , якщо  $n$  – парне); висвітлюється зв'язок цієї системи з класичною десятковою системою числення; наводиться порівняльний аналіз їх геометрій; розглядаються застосування цієї системи числення для конструювання функцій зі складною тополого-метричною структурою, моделювання функціональних залежностей у фізичних, економічних та соціальних процесах, які мають властивості неперервності, іррегулярності та автомодельності, а також застосування її до задач компактизації інформації; формулюються нерозв'язані задачі.

**Ключові слова:** канторівські системи числення, двійково-п'ятіркова система числення, геометрія зображення чисел, сингулярні функції, ніде не монотонні функції, автомодельні функції.

**Abstract.** We study a representation of numbers in a binary-quinary Cantor system. This system is determined by sequence  $(s_n)$ , where  $s_n=2$  if  $n$  is odd, and  $s_n=5$  if  $n$  is even. We establish a relation between this system and classic decimal numeral system, compare their geometries, consider applications of this numeral system for construction functions with complicated topological and metric structure, modelling functional relations in physical, economical, and social processes having properties of continuity, irregularity and self-similarity. Applications for problems of compactization of information are also considered. Some unsolved problems are given.

**Key words:** Cantor numeral systems, binary-quinary numeral system, geometry of representation of numbers, singular functions, nowhere monotonic functions, self-similar functions.

**Пудченко С.А.**  
аспірант кафедри ММНФМДВШ,  
Фізико-математичного факультету  
НПУ імені М.П. Драгоманова  
М. Київ, Україна  
*dirkivc@ukr.net*

## **ДЕЯКІ ПОТАТКИ НАУКОВОЇ І ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОФЕСОРА В.П. ДУЩЕНКА**

Віктор Павлович народився в селі Шепелівка Глобінського району Полтавської області, недалеко від міста Кременчук, 19 червня 1922 року. Безмежне прагнення до знань проявилось у Віктора Павловича ще у п'ятирічному віці. Ця риса характеру допомогла йому переконати батьків дозволити йому, в цьому віці, відвідувати школу, що очевидно, сприяло в подальшому житті досягти великих успіхів у науці. Щоб діти отримали гідну освіту сім'я Дущеноків переїжджає до міста Кременчук. У 1928 році Віктор вступає, а в 1935 році на відмінно закінчує Кременчуцьку фабрично-заводську семирічку № 1. У цьому ж році вступає і в 1938 році закінчує з похвальною грамотою середню школу № 16 міста Кременчука та одразу вступає до Кременчуцького вчительського інституту на фізико-математичний факультет. Закінчив два курси інституту у 1940 році і в вісімнадцятирічному віці був призваний до лав Радянської Армії, а з 1941 року воював на Центральному та першому Білоруському фронтах на територіях Польщі і Німеччини. Друга світова війна затримала подальше навчання і тільки у лютому 1946 року Віктор Дущенко зміг вступити на 2 курс (4 семестр) фізико-математичного факультету Київського державного педагогічного інституту імені О.М. Горького (КДПІ). Він стає одним із найкращих студентів фізико-математичного факультету, відмінником, головою фізико-математичної наукової секції, бере участь в усіх наукових студентських конференціях. Жагу до знань у поєднанні з працьовитістю відзначає адміністрація ВУЗу та за відмінне навчання його звільняють від плати за навчання, про це свідчать архівні документи. Ще на четвертому курсі на об'єднаному засіданні кафедр загальної фізики і теоретичної фізики його рекомендують до вступу в аспірантуру. У 1948 році, на відмінно здавши випускні экзамени, він вступає до аспірантури. Готуючи реферат на предмет вступу до аспірантури він не тільки теоретично описує нормальний ефект Зеємана, а власноруч виготовляє експериментальну установку. Тему дисертаційного дослідження обирає «К вопросу зависимости теплофизических свойств увлажненных дисперсных тел от формы связи влаги с материалом (*E* – метод анализа форм связи влаги)», під науковим керівництвом кандидата фізико-математичних наук, доцента М.Ф. Казанського. На другому курсі аспірантури, 12 листопада 1949 року, на засіданні кафедри фізики інституту професор Олексій Васильович Ликов дає схвальну оцінку напрямку роботи теплофізичної групи під керівництвом доцента Казанського М.Ф., високо оцінює дисертаційні теми аспіранта Дущенко В.П. і аспірантки Молчанової Е.А.: «К вопросу о теплофизических свойствах увлажненных дисперсных тел при переходе в область отрицательных температур» та аспіранта Венедиктова М.В. (першого року навчання) «Изучение коэффициентов влаго- и термовлагопроводности в связи с различием связи влаги

с матеріалом». Ликов О.В. також відзначив, що сингулярні точки найбільш різко виступають на кривих залежності коефіцієнтів термовологопровідності від вологості. Тому буде більш раціональним, під час розроблення теми, головну увагу приділити вивченню коефіцієнта термовологопровідності різних колоїдних капілярно-пористих тіл. Під час навчання в аспірантурі В.П.Дущенко працює не тільки над дисертацією, а й викладає на фізико-математичному факультеті КДПІ, співпрацює з видавництвом «Радянська Школа», як редактор видань наукових фізико-математичних праць українською мовою.

Згідно призначення МО УРСР № 50 від 18 липня 1951 року, після закінчення аспірантури, у вересні 1951 року В.П. Дущенко направляють до Станіславського педагогічного інституту (нині Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника м. Івано-Франківськ), на посаду завідувача кафедри фізики та старшим викладачем цієї кафедри. У місті Станіславі, ще до офіційного влаштування на роботу (заява на прийняття на роботу датована 8 жовтня 1951 року) займається освітянською діяльністю, друкує статтю: «Великий російський математик» і публікує в обласній газеті «Прикарпатська правда» від 25 вересня 1951 року у рубриці «Дати. Люди. Події», присвяченій 150 річчю з дня народження видатного українського математика, фізика, механіка Михайла Васильовича Остроградського та підписується просто, В. Дущенко. Пізніше у цій рубриці друкує не одну статтю, присвячену видатним фізиком, математикам, механікам. У «Державному видавництві технічної літератури України» міста Київ 17 жовтня 1951 року підписують до друку монографію викладачів КПП Путяти Т. В. і Фрадліна Б. Н. «Михайло Васильович Остроградський». До 150\_річчя з дня народження», яку редагує Дущенко В.П. 18 листопада 1951 року, вже на другій сторінці «Прикарпатської правди», виходить стаття, на пів сторінки: «Геніальний російський вчений». До 240-річчя з дня народження М.В. Ломоносова» за підписом «В. Дущенко. Завідувач кафедри фізики Станіславського педагогічного інституту». Про освітянську діяльність Дущенко під час роботи у м. Станіславі згадує у своїх спогадах Мосієвич Олександр Степанович, зі слів ректора Рівненського інституту Павла Васильовича Йови, який був у той час секретарем Станіславського обласного комітету партії. Документальні підтвердження цієї інформації знайдені у обласній газеті тих часів, «Прикарпатська правда». 23 листопада 1952 року у «Прикарпатській правді» виходить стаття «Важлива умова вільного вибору професії: Про політехнічне навчання в школах», у якій, спираючись на розпорядження керівників держави щодо «забезпечення учням, які закінчують середню школу, умов для вільного вибору професій приступити до здійснення політехнічного навчання в середній школі і провести заходи, щодо загального політехнічного навчання». У цій статті Дущенко підкреслює необхідність у випускників шкіл формувати зв'язки теоретичних знань з практикою, що досягається через виконання лабораторних і практичних робіт, використання саморобних приладів, створення гуртків. Проводить аналіз виконання цих заходів у школах Станіславської області, вказуючи прізвища вчителів, приклад яких необхідно наслідувати та прізвища вчителів які працюють незадовільно у цьому напрямку. Вже 22 грудня 1952 року на цю статтю відреагував секретар Станіславського обласного комітету партії Павло Васильович Йова у статті «Політехнізації навчання – широкий розмах», про проведення обласної наради освітян. У «Державному видавництві технічної літератури України» міста



Київ 20 листопада 1952 року підписують до друку монографію Путяти Т. В. і Фрадліна Б. Н. «Діяльність видатних механіків на Україні» під редагуванням В.Дуценка.

Звіт за 1952 рік, про науково-дослідницьку роботу Станіславського державного педагогічного інституту і кафедри фізики, яку очолював старший викладач Дущенко В.П. свідча, що тематика наукової роботи викладачів кафедри була направлена на розробку важливих питань методики фізики, теплофізики і металофізики. Наукова робота завідувача кафедри, ст.. викладача Дуценка В.П., була спрямована на завершення кандидатської дисертації на тему «Исследование физической сущности критических точек кривых скорости сушки капиллярно-пористых и коллоидных капиллярно-пористых тел». Робота закінчена у травні 1952 року, але як зазначено в звіті, захист дисертації затягувався з причини відсутності офіційних опонентів. Ще до кінця звітнього періоду дисертація отримала позитивну оцінку наукового керівника та офіційних опонентів і прийнята до захисту у КДПІ у травні 1953 року. Питання щодо інтерпретації критичних точок кривих, швидкості зволоження капілярно-пористих речовин на той час ще не мала всебічного висвітлення. Зокрема, не було переконливих робіт, що вказувалиб на зв'язок між критичними точками кривих швидкості сушки та характеристикою зв'язку об'єкту, що підлягає сушінню, з водою. З'ясуванню цих питань і присвячена кандидатська дисертація Дуценка В.П.. Для досягнення поставлених завдань було проведено велику кількість досліджень з вивчення сорбування вологи деякими глинами., визначення зв'язку води за методом А.В. Думанського, вимірювання діелектрична проникність під час процесу сушіння деяких об'єктів (кварцового піску, глини). На додаток старший викладач кафедри фізики Венедіктов М.В. написав кандидатську дисертацію на тему: «Движение капиллярной влаги в типичном капиллярно пористом теле в процессе сушки».

У 1953 році, 21 квітня, на шпальтах «Прикарпатської правди» виходить спільна стаття «На допомогу вчителю середньої школи: Шляхи здійснення політехнічного навчання в процесі викладання фізики і математики» кандидата фізико-математичних наук, завідувача кафедри математики Шевцова К.І. та завідувача кафедри фізики Дуценка В.П. у якій проводиться ґрунтовний аналіз політехнізації освіти у Станіславській області з прикладами наслідування та недоліками.

15 травня 1953 року В.П.Дущенко захищає кандидатську дисертацію і отримує ступінь кандидата фізико-математичних наук, що зазначено у звіті за 1953 рік. Слід також звернути увагу, що Дущенко започаткував у Станіславському державному педагогічному інституті журнал «Наукові Записки», будучи відповідальним редактором випуску №1 «фізико-математична серія», підготував для цього випуску дві наукові статті «Про гідрофільність глини» та «Дослідження кінетики та динаміки процесу сушіння капілярно-пористих та колоїдних капілярно-пористих речовин» з кресленнями лабораторних установок, на яких виконувались дослідження. До випуску № 1 також увійшли статті кандидата фізико-математичних наук, доцента – Швецова К.І. «Бібліографія староруських математичних рукописів», Носолюка М.В. «Лабораторний прилад для вимірювання ємностей, індуктивностей, опорів і власної частоти коливальних контурів та для настроювання приймачів (емінчас-генератор)» та старшого викладача Венедіктова М.В. «Визначення розподілу вологи в типовому капілярно-пористому тілі в процесі сушіння». У березні 1954

року В.П.Дущенко звертається до директора інституту з проханням надати йому творчу відпустку для вибору теми докторської дисертації у галузі молекулярної теплофізики до м. Москви і отримує згоду.

У 1955 році В.П.Дущенко отримує вчене звання доцента. А влітку 1955 року обирається за конкурсом на кафедру фізики Київського технологічного інституту харчової промисловості імені А.І.Мікаяна (КТШП), на посаду асистента кафедри. У КТШП продовжує займатись науковою діяльністю видає статті «Исследование диэлектрической проницаемости коллоидных капиллярно-пористых веществ» (1956 р.), «Исследование зависимости диэлектрической проницаемости увлажненного кварцевого песка» (1957 р.), «О физической сущности критических точек кривых скорости сушки коллоидных капиллярнопористых веществ» (1958 р.), «О физической сущности критической точки кривых скорости сушки почвы» (1958 р.). У виданні «Почвоведение АН СССР видає монографію «Монография о сушке пищевых продуктов» у 1961 році, та «Исследование процесса сушки хлеба» у 1962 році.

У цій статті представлено лише частину наукових праць професора В.П.Дущенко. Дослідження продовжуються.

#### Література

1. Колупаєву Б.С. «Професор В.П. Дущенко» спогади 2015 р.
2. Особова справа Дущенко Віктор Павлович, доктор технічних наук, професор. Держ. архів м. Києва, Київський державний педагогічний інститут імені М.Горького, ф.№ Р-346. оп. № 5. сп. № 516. 94 арк.
3. Професори національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова: бібліографічний довідник 1944-2009 рр. / Укл.: Г.І. Волинка, О.С. Падалка, Л.Л. Макаренко; за заг. ред. В.П. Андрущенка. – 2-е вид.; доп. і перероб. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2009. – 407 с. – (Серія «Вчені НПУ імені М.П. Драгоманова»; Серія «До 175-річчя НПУ імені М.П. Драгоманова»).
4. Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова: 1834-2004: Історія. Сьогодні. Перспективи / Авт.: В.П. Андрущенко, Г.І. Волинка, Н.Г. Мозгова та ін. – К.: Навч. книга, 2005. – 255 с.: іл. – Бібліогр.: с.242-253.
5. Дущенко В. П. Важлива умова вільного вибору професії / Віктор Павлович Дущенко. // прикарпатська правда. – 1952. – №230. – С. 2.

#### **Пудченко С.А. Деякі нотатки наукової і педагогічної діяльності професора В.П. Дущенко**

**Анотація.** У статті висвітлено деякі біографічні факти відомого науковця і педагога, доктора технічних наук, професора Віктора Павловича Дущенко.

**Ключові слова:** Віктор Павлович Дущенко, НПУ імені М.П. Драгоманова, фізика полімерів, фізика гетерогенних композитів, сушіння вологих матеріалів.

#### **Pudchenko S.A. Some notes of scientific and educational activities of Professor V.P. Dushchenko**

**Abstract.** In the article describes some biographical facts known scientist and teacher PhD, Professor Viktor Pavlovich Dushchenko.

**Key words:** Viktor Pavlovich Dushchenko, National Pedagogical Dragomanov University, polymer physics, physics of heterogeneous composite materials, drying wet materials.

**Рибак О.В.**  
викладач, НТУУ імені Ігря Сікорського,  
*punkrock@ukr.net*

**Скуратовський Р.В.**  
викладач,

Міжрегіональна Академія управління персоналом,  
Київ, Україна  
*ruscomp@ukr.net*

## **МОДИФІКАЦІЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ І МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Для моделювання ділянки Землі ми використовуємо **картографічні проєкції** (зокрема *проєкцію Робінсона*) для представлення сферичної поверхні Землі на площині паперової чи комп'ютерної карти. Задача спорт орієнтування – знаходження оптимального маршрута між сусідніми КП. Точна складність стандартного алгоритма Дейкстри  $O(E + V \log_2 V) = O(V^2 + V \log_2 V)$  [1]. Якщо граф розріджений, то складність роботи алгоритму Дейкстри  $O(V + V \ln(V))$ . Наш алгоритм дозволяє для будь-якого графа зменшити складність в 4 рази, що для розв'язання задачі людиною, що використовує тільки карту є суттєво. Також наш алгоритм допускає розпаралелення. При цьому його складність зменшується в  $|V_o - 1|$  раз, де  $V_o$  – підмножина опорних вершин, які відповідають контрольним пунктам у задачі орієнтування. Позначимо  $N(V_o)$  як впорядковану множину номерів вершин з  $V_o$ .

Нехай маємо граф  $\Gamma$  з розміченими ребрами, де мітка означає довжину ребра а  $D$  – множина наявних довжин ребер у  $\Gamma$  і  $d = \max_i \{d_i \in D\}$ . Позначатимемо множину ребер графа як  $E$ . То складність розв'язання задачі комівояджера шляхом перебору становить  $O(\ln d^{|E|}) = O(|E| \ln d)$ . Порівнянно з нею наш метод розв'язання задачі пошуку найкоротшого шляху між  $v_i$  і  $v_j$  на  $\Gamma$  має складність лише  $O(\frac{V}{4} + \frac{V \ln V}{4})$ . Якщо ж маємо послідовність з пар вершин  $(v_0, v_1); (v_1, v_2); \dots; (v_{k-1}, v_k)$ , то розв'язуючи задачу нашим прискорений алгоритм Дейкстри паралельно для всіх пар матимемо прискорення в  $4(k-1)$  раз порівнянно з послідовним методом розв'язання за допомогою звичайного алгоритму Дейкстри.

### **Модель для послідовного обходу всіх КП за мінімальний час**

Нехай  $r_{ij}$  – резистентність на ребрі від  $v_i$  до  $v_j$ , тобто на  $e_{ij}$ . Відстань  $d_{ij}$  це довжина ребра між  $v_i$  і  $v_j$ . Кожний учасник має власну швидкість на ребрі з резистентністю  $r_{ij}$  (величина обернена до прохідності). Відомо, що для шляху по ребру  $e_{ij}$  з рівною поверхнею без ухилу еквівалентна довжина рівного шляху без супротиву визначається через його резистентність як  $d_{ij} = r_{ij} d_{ij}$  при достатній *прохідності* ділянки [2,3] а для шляху по ребру з нерівною поверхнею чи нахилом вона  $d_{ij} = r_{ij} d_{ij}^2 + c d_{ij}$ . Тоді загальний час, на шляху

$S$  по ребрах графа від  $v_i$  до  $v_j$  обчислюється за формулою  $\sum_{s=i}^j d_{ij} r_{ij} v_{ij}^{-1}$ . Наша задача мінімізувати цей час. Обмеження даної задачі такі  $r_{ij} < R_{kp}(k)$ , де  $R_{kp}(k)$  – критичне навантаження для  $k$ -го учасника пошуково-орієнтувальної задачі. Цільова функція для випадку де всі ребра мають достатню прохідність має вигляд:

$$F(i, j, k) = \sum_{s=i}^j d_{ij} r_{ij} v_{ij}^{-1} \rightarrow \min.$$

А для випадку коли є ребра з пониженою прохідністю перераховуємо довжину і маємо:

$$F(i, j, k) = \sum_{s=i}^j d_{ij} v_{ij}^{-1} \rightarrow \min.$$

При цьому  $s \in N(V_0)$  – множина всіх КП, яка є підмножиною вершин з  $\Gamma$ .

Для знаходження оптимального шляху від  $v_i$  до  $v_j$  пропонуємо застосувати прискорений алгоритм Дейкстри, що полягає у зустрічному пошуку з ініціальної вершини і термінальної вершин. При цьому для термінальної вершини ми шукаємо послідовність ребер, що направлена в нього.

Одночасно з обох вершин  $A$  і  $C$  запускаємо алгоритм Дейкстри (якщо граф орієнтований, то з  $A$  йдемо по ребрам, що виходять з  $A$  і напрямлені до  $C$ , а з вершини  $C$  робимо пошук по ребрам, що входять в  $C$  або спрямовані до  $C$ ). Знаходимо таку вершину (із ще не оброблених), поточна найкоротша відстань до якої мінімальна. На кожному кроці доповнюємо цей фрагмент з 2-ух фрагментів (один з цих фрагментів виходить з  $A$  інший з  $C$ ), для якого шлях до вершини, якою доповнюємо є найкоротшим. Обходимо всіх її сусідів і, якщо шлях в сусідню вершину через  $1$  менший за поточний мінімальний шлях в цю сусідню вершину, то запам'ятовуємо цей новий, коротший шлях як поточний найкоротший шлях до сусіда (і аналогічно шлях по ребрам в оберненому напрямку) і таким чином формуємо матрицю двосторонніх відстаней  $M_1$  з першої ітерації. Шлях до вершини через  $i$ -ту вершину дорівнює найкоротшій відстані до  $i$ -ої вершини + довжина дуги між  $i$ -ю та  $i+1$ -ою вершиною, тобто  $\min_j \{d_j = \sum_{i=1}^{k_j} d_{ij}, d_{ij} \in E\}$  наприклад до вершини  $2$  найменша відстань  $0 + 7 = 7$ . На кожному кроці діємо за алгоритмом Дейкстри але доповнюємо цей фрагмент шляху, (один що виходить з  $A$  а другий, що входить в  $C$ ) який є коротшим. Як тільки обидва сегменти графа потрпила деяка вершина  $X$ , то визначаємо її як ту, через яку проходить найкоротший шлях з  $A$  в  $C$ . Інтуїтивно зрозуміло, що об'єднання самих найменших шляхів, що виходять з  $A$  і  $C$  на їх перетині – вершині  $X$  дає найменший шлях з  $A$  в  $C$ . Оскільки перетин самих коротких шляхів з всіх шляхів які виходять з  $A$  і  $C$ . Формально це перший перетин вершин, що можуть бути досягнуті і з  $A$  і з  $C$ .

Ця модифікація алгоритму Дейкстри [1,5] потребує перегляду меншої кількості вершин, ніж стандартний алгоритм Дейкстри, бо замість околу радіусу  $R$  буде переглянуто окіл радіусу  $R/2$ . Нариклад, на клітчастій дошці буде перглянуто в середньому  $O(R^2)$  перебираємо лише  $O(R^2/2)$  вершин. Отже, загальна складність стає  $O(\frac{V}{4} + \frac{V \ln V}{4})$  на

розрідженому графі і  $O(\frac{V^2}{4} + \frac{V \ln V}{4})$  на повному. Приклад пошуку найкоротшого шляху між опорними вершинами 1 і 5 наведено на (рис. 1).

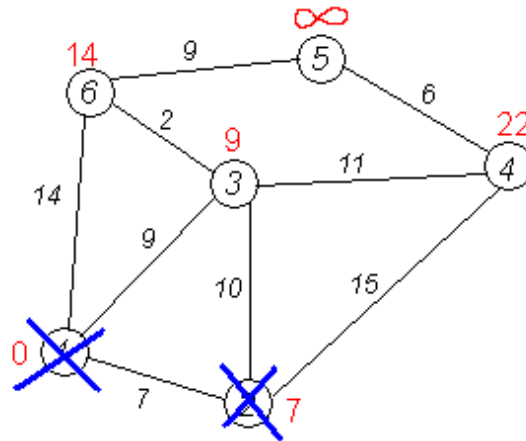


Рис. 1

#### Література

1. Thomas H. Cormen. Charles E. Leiserson. Ronald L. Rivest. *Introduction to Algorithms, 3rd Edition*. The MIT Press. Cambridge, London. P. 1292.
2. DeMers, Michael N. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. 2005. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195) P. 584
3. Ганопольский В.И., Безносииков Е.Я., Булатов В.Г. Туризм и спортивное ориентирование. Часть III. Ориентирование на местности. Спортивное ориентирование. 357 с.
4. Skuratovskii R.V. Corepresentation of a Sylow  $p$ -subgroup of a group  $S_n$ . *Cybernetics and systems analysis*, 2009, No. 1, pp. 27-41.
5. Скуратовський Р. В. Модернізований алгоритм Поліга-Хелмана, Шенкса. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2015р. 56-67 с.

**Анотація.** Ми розв'язуємо задачу пошуку оптимального шляху  $S$  на графі, при цьому  $S$  містить задану обов'язкову підпоследовність з опорних вершин  $V_o$ , які можуть бути найбільш ймовірними місцями у рятувально-пошуковій роботі за воєнних умов і їх обхід слід робити у послідовності за спаданням ймовірності перебування об'єкта у вершині з  $V_o$  або як задачу спортивного орієнтування де треба обійти вершини з  $V_o$ , які строго впорядковані і є контрольними пунктами(КП).

**Ключові слова:** математична модель, моделювання, алгоритм Дейкстри, спортивне орієнтування, геоінформаційні системи.

**Сальник І.В.**  
доктор педагогічних наук, доцент  
доцент кафедри фізики та методики її викладання  
Кіровоградського державного педагогічного  
університету імені Володимира Винниченка  
м.Кропивницький, Україна  
*isalnyk@gmail.com*

## **СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ЯК СУЧАСНА ТЕНДЕНЦІЯ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ**

Історія розвитку цивілізації дозволяє виділяти в якості найбільш пріоритетної цінності, здатної забезпечити соціальний прогрес суспільства, освіту. Вона наділена значущістю в усіх сферах життя людини – від засвоєння зразків культури до професійної діяльності.

У роботах сучасних дослідників досить часто зустрічається згадка про «антропологічну катастрофу» як про ситуацію, коли відсутні люди, здатні розуміти зміни, що відбуваються не в рамках готової стійкої концепції, а в стані переходу, трансформації. Таким чином, основу антропологічної катастрофи становить нездатність людини адаптуватися до реальності, що постійно змінюється.

У зв'язку з чим виникла кризова ситуація? Погляди на освіту як на інструмент, який використовується для формування певного типу особистості в рамках соціальної системи або ж зведення освіти до вузькопрофільної підготовки, не цілком коректно відображають сучасні потреби суспільства. Система освіти, як найбільш консервативна, не встигає пристосовуватися до змін, що відбуваються в усіх галузях життєдіяльності людини. Розрив, який стався в результаті, склав суть світової кризи освіти.

Одним з варіантів подолання кризової ситуації, що склалася в сучасному суспільстві, може бути формування моделі освіти інноваційного типу, в якій ліберальна тенденція доповнюється практичною спрямованістю на отримання результату.

Методологічною основою такої моделі освіти повинен стати синергетичний підхід.

Проведений аналіз дав можливість виділити шляхи запровадження синергетичного підходу в контексті формування освітнього середовища, як фактору підвищення його структурної та функціональної різноманітності, що передбачає:

- перехід від традиційної форми керування процесом засвоєння знань та вмій, що ґрунтується на жорсткій регламентації дій учнів та студентів, до самоорганізації, що дозволяє розв'язувати проблеми інформаційної взаємодії;
- створення освітніх технологій, що органічно поєднують різні педагогічні підходи;
- адекватну самооцінку учнями та студентами власних дій, своїх здібностей та захоплень, саморегуляцію;
- створення індивідуальних моделей з системи навчальних предметів, вибір викладача, часу та темпу навчання;
- взаємозв'язок з науковими організаціями, мережевими відкритими освітніми закладами, що дозволяють здійснювати інформаційний супровід інноваційної та

експериментальної діяльності, забезпечувати зв'язок навчальних дисциплін з актуальними потребами інформаційного суспільства.

Вивченню питань, пов'язаних із педагогічною синергетикою та запровадженням синергетичного підходу в освіті, присвячені праці В.Г. Буданова [1], М.О. Весни [2], В.Г.Кременя [3], Н.М. Таланчук, М.А. Федорової [5], П.В. Турчина, А.Г. Шевцова та ін.

Нами детально досліджено сутність синергетичного підходу в освіті [4] та встановлено, що синергетичний підхід до процесу навчання фізики передбачає постійне оновлення змісту, методів і форм навчання з урахуванням таких чинників, як відкритість, самоорганізація, саморозвиток, креативність і нелінійність мислення, управління та самоуправління; спільну діяльність вчителя та учнів у процесі навчання та самонавчання, організація такої взаємодії «учень-педагог», яка орієнтована на єдність процесів розвитку й саморозвитку особистості дитини й вчителя, коеволюції учня й педагога; спрямованість навчально-виховного процесу на цілісний розвиток дитини, її розумової, емоційно-чуттєвої й вольової сфер, формування особистісних і соціальних якостей і здібностей. Одночасно, у фізиці цей підхід означає піднесення викладання на якісно новий рівень, що передбачає ознайомлення учнів з основами сучасного неklasичного природознавства, його методами дослідження (наприклад, математичне моделювання) та технологіями.

Синергетика приходить до школи через фізику, оскільки саме фізика найкраще сприймає її ідеї та методи, бо ці ідеї та методи співзвучні до завдань фізики, серед яких – формування цілісної системи знань про навколишній світ.

Синергетичний підхід активно використовується у навчанні фізики. Це знаходить відображення не стільки у варіативності навчання предмету, скільки у сутності навчання фізики (зміна організаційних форм, запровадження нових методів та технологій, зокрема інформаційно-комунікаційних), що стимулює пізнавальну творчу діяльність учнів та студентів.

Застосування принципів синергетичного підходу до навчального процесу з фізики передбачає зміни в усіх його складових:

- змісту – як синтез наук, широке залучення міжпредметних зв'язків, аксіоматичних методів, інтегративних проектів;

- викладання – як співпраця з учнями, відкрита взаємодія з інформаційним середовищем та суспільством, організація самостійної роботи, цільова функція, залучення учнів та студентів до науково-дослідної роботи, навчального проектування, функція контролю;

- навчання – як співпраця, відкрита взаємодія з інформаційним середовищем та суспільством, перетворення знань, науково-дослідна робота, самоосвіта, самоорганізація, саморозвиток.

- матеріальних засобів навчання – як широке запровадження інформаційно-комунікаційних технологій, нових засобів навчання, комплектів обладнання, створення синергетичних міні-курсів.

Зміст фізики з позиції синергетичного підходу наповнюється міжпредметними зв'язками, інтегративним характером у процесі: 1) вивчення чи дослідження явищ природи з

єдиної методологічної позиції, що відповідає принципам синергетики; 2) виявлення загальних властивостей, притаманних різним явищам, процесам; 3) формування в учнів розуміння багатовимірності, взаємозв'язку, взаємопроникності процесів та явищ природи.

Синергетичний підхід до процесу навчання фізики може розглядатися як засіб гуманітаризації освіти, з одного боку, та природничо-наукової освіти для гуманітаріїв – з іншого. Саме завдяки використанню синергетики в навчально-виховному процесі з фізики в класах гуманітарного профілю можна говорити про формування в учнів особливого синергетичного мислення, яке дозволяє майбутньому історику, філологу, економісту оцінювати те чи інше рішення за допомогою порівняння попереднього й наступного станів явища: порівняння реального ходу наступних подій з вірогідним перебігом подій при альтернативному ключовому розв'язку. Таке мислення вимагає більшого обсягу інформації та інтелектуальних зусиль, що й відрізняє наукові міркування від повсякденних, які залежать від настроїв, симпатій та антипатій.

Сучасні наукові дослідження в галузі дидактики та методики пов'язують використання синергетики з можливістю зрозуміти та виявити єдність наук про природу та суспільно-гуманітарних наук. Саме синергетика є ефективним засобом їх інтеграції. На основі синергетики можливий синтез соціально-гуманітарного і природничо-наукового знання в єдину картину світу, можливе формування в учнів нелінійного (синергетичного) типу мислення, що дозволяє адекватно описувати і пояснювати нестабільні, нестійкі, безповоротні природні і соціальні явища.

Взаємне зближення двох гілок людської культури – природничо-наукової і суспільно-гуманітарної – є абсолютно необхідним. Їх діалог може перерости в дует, якщо знання, які отримуються в процесі вивчення суспільно-гуманітарних дисциплін з урахуванням фундаментальних проблем фізики, хімії, біології, математики, будуть стійкі, зорієнтовані на тривалу дію і складатимуть базу навчання учнів гуманітарного профілю (тобто тих, хто вивчає фізику за рівнем стандарту).

Особливого значення в плані гуманітаризації набувають історичні знання і аргументи викладача, які переконують учнів у тому, що в науковому методі можуть бути наявні нелогічні, інтуїтивно-образні уявлення. Таке обґрунтування можливе при визначенні понять і основних положень теорій, у формулюванні яких немає дедуктивного переходу від емпіричних фактів (наприклад, спеціальної теорії відносності). Це відбувається і під час конструювання аксіоматичних положень, де вирішальна роль належить інтуїції, а наслідки виводяться дедуктивним шляхом. Визначені два підходи реалізуються викладачами під час навчального процесу.

Отже, синергетичний підхід можна розглядати як нову методологію фізичної освіти, яка інтегрує принципи розвивального навчання та сучасні підходи в освіті, сприяє зближенню гуманітарних та природничих наук та формуванню єдиної наукової картини світу. Внаслідок запровадження синергетичної моделі навчання фізики у учнів та студентів формується багатовимірне, багатопланове творче мислення. Інтуїтивне, парадоксальне пізнання світу розглядається як частина творчості. Теоретичне й абстрактне знання доповнюється експериментальними фактами, отриманими як у навчальному закладі, так і поза ним. Одночасно, такий підхід можна розглядати як нову методику у навчанні фізики, яка забезпечує



реалізацію міжпредметних зв'язків, викладання фізики на основі сучасних уявлень про природні явища та процеси, впровадження в практику інноваційних підходів, що дозволяють забезпечити реалізацію принципів відкритої освіти, саморозвиток учнів. Набуття знань здійснюється через організацію власного досвіду, через оволодіння методами вирішення проблем. Характерним є індивідуальний темп у навчанні. Синергетичний педагогічний вплив, що передбачає використання різних методик та технологій для створення умов розвитку учнів, формування багатозначного сприйняття та розуміння світу, що дозволяє врахувати запити кожного в його майбутній діяльності. Синергетичний підхід іноді називають людиноцентристським, спрямованим на особистість. Саме на засадах такого підходу необхідно розробляти нові моделі на методичні системи навчання фізики та природничих дисциплін у загальноосвітніх та вищих навчальних закладах.

### Література

1. Буданов В. Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании./ В.Г. Буданов – изд.-3-е, доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.
2. Весна М. А. Педагогическая синергетика: [монографія]/ М. А. Весна. – Курган : Изд-во КГУ, 2001. – 405 с.
3. Кремень В.Г. Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму: [монографія] / В.Г.Кремень, В.В.Льїн; [Національна академія педагогічних наук України]. – К.: Педагогічна думка, 2012. – 368 с.
4. Сальник І.В. Віртуальне та реальне у навчальному фізичному експерименті старшої школи: теоретичні основи [монографія]/ І.В.Сальник -Кіровоград: ФО-П Александрова М.В., 2015 – 324 с.
5. Федорова М.А. Педагогическая синергетика как основа моделирования и реализации деятельности преподавателя высшей школы: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08./ М.А.Федорова – Ставрополь, 2004. – 170 с.

#### **Сальник І.В. Синергетичний підхід як сучасна тенденція розвитку фізичної освіти**

**Анотація.** Система освіти, як найбільш консервативна, не встигає пристосовуватися до змін, що відбуваються в усіх галузях життєдіяльності людини. Розрив, який стався в результаті, склав суть світової кризи освіти. Методологічною основою такої моделі освіти повинен стати синергетичний підхід.

**Ключові слова:** синергетичний підхід, фізична освіта, відкрита освіта, творчість, розвиток, самоосвіта, інтеграція.

#### **Salnyk I.V. Synergetic approach as a modern tendency of development of physics education**

**Abstract.** The educational system as the most conservative doesn't have time to adapt to the changes occurring in all areas of human activity. As a result, there was a gap that was the essence of the global crisis of education. Synergetic approach should be a methodological basis of this educational model.

**Key words:** synergetic approach, physics education, open education, creation, development, self-education, integration.

**СТРУКТУРА І МІНІМАЛЬНІ СИСТЕМИ ТВІРНИХ СИЛОВСЬКИХ 2-ПІДГРУП ЗНАКОЗМІННИХ ГРУП  $A_{2^k}$ ,  $A_n$  І СИМЕТРИЧНОЇ ГРУПИ, ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В КРИПТОГРАФІЇ**

Підмножина  $X^n \subset X^*$  називається  $n$ -тим рівнем дерева  $X^*$ , при цьому  $X^0 = \{v_0\}$ . Підмножину з  $X^*$ , утворену множиною вершин  $\cup_{i=0}^k X^i$ , позначено так:  $X^{[k]}$ . Помітимо кожен вершину з  $X^l$ ,  $0 \leq l < k$ , символом 0 чи 1, залежно від стану вершинної перестановки в ній. Отримане так вершинно-розмічене регулярне дерево є елементом з  $AutX^{[k]}$ . Перестановка, що діє на ребрах у вершині з  $X^{[k]}$  і зберігає відношення інцидентності графа називається вершинною перестановкою (в.п.). Нехай  $\tau$  автоморфізм, що має не тривіальні в.п. лише у вершинах  $v_{k-1,i}$  і  $v_{k-1,j}$ , де  $i \leq 2^{k-2}$ ,  $j > 2^{k-2}$  і перший індекс це номер рівня а другий – номер вершини з нього, автоморфізм  $\alpha_l$  має одну нетривіальну в.п. яка розташована у  $v_{l,1}$ .

**Твердження.** Порядки груп  $G_k = \langle \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{k-2}, \tau \rangle$  і  $Syl_2(A_{2^k})$  рівні  $2^{2^k-2}$ .

**Теорема.** Максимальна 2-підгрупа групи  $AutX^{[k]}$ , що діє парними перестановками на  $X^k$  має структуру напівпрямого добутку  $G_k \square B_{k-1}$  в  $W_{k-1}$  і ізоморфна  $Syl_2 A_{2^k}$ , де  $B_{k-1} = \prod_{i=1}^{k-1} C_2$ ,  $W_{k-1} = (C_2)^{2^{k-1}-1}$  а порядок підгрупи  $W_{k-1}$  рівний  $2^{2^{k-1}-1}$ ,  $k > 1$ .

**Теорема.** Група  $A_{2^k}$  має мінімальну систему твірних з  $k$  елементів.

Приклад такої системи для  $Syl_2 A_{2^3}$ . Розглянемо підгрупу  $G_3 = \langle \alpha_0, \alpha_1, \tau_{14} \rangle$ , автоморфізмів вершинно-поміченого дерева  $X^{[3]}$ , де портрети породжуючих автоморфізмів зображено на рис.1

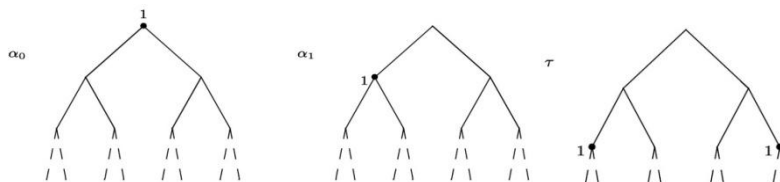


Рис.1 Портрети породжуючих автоморфізмів

Нехай  $n = 2^{k_0} + 2^{k_1} + \dots + 2^{k_m}$ , де  $0 \leq k_0 < k_1 < \dots < k_m$ . Діагональною системою твірних  $S_d = \langle \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{k-1} \rangle$  для  $AutX^{[k]}$  назвемо таку систему, що має нетривіальні індекси лише на  $i$ -му рівні. Такий рівень назвемо активним на ньому є непарна кількість активних в.п. Кількість нетривіальних в.п. в  $\alpha_l$  на активному рівні  $X^l$  є непарною і рівна  $2^{l-1}$ .

**Твердження.** Загальна кількість систем твірних  $S_d$  для  $Syl_2 S_{2^k}$  рівна  $2^{1+2+4+\dots+2^{k-1}-k} (2^k - 1)(2^k - 2)\dots(2^k - 2^{k-1}) = 2^{2^k - k - 1} (2^k - 1)(2^k - 2)\dots(2^k - 2^{k-1})$ .

Дійсно кількість базисів для фактор групи  $G_k / G_k^2 \cong (C_2)^k$  рівна порядку  $GL(k, F_2)$  тобто  $(2^k - 1)(2^k - 2)\dots(2^k - 2^{k-1})$ . Зауважимо, що  $G_k^2$  співпадає з підгрупою Фраттіні  $\Phi(G_k)$ . Оскільки у кожній системі твірних групи  $(C_2)^k$  є рівно  $2^{k(2^k - k - 1)} = \left(\frac{|G_k|}{2^k}\right)^k$  прообразів, де  $\frac{|G_k|}{2^k}$  – кількість прообразів одного елемента з  $(C_2)^k$ , тому всього систем твірних є  $(2^k - 1)(2^k - 2)(2^k - 2^2)\dots(2^k - 2^{k-1})2^{k(2^k - k - 1)}$ .

Це дозволяє побудувати криптосистему, яка реалізує блочний шифр, де раундовим ключем є номер алфавіту в якому ми подаємо підстановку, що відповідає тексту. Нехай  $n_m = 2^{k_0} + 2^{k_1} + \dots + 2^{k_m}$ , де  $k_0 < k_1 < \dots < k_m$ . Відомо, що  $Syl_2 S_n \cong Syl_2 S_{2^{k_0}} \times Syl_2 S_{2^{k_1}} \times Syl_2 S_{2^{k_2}} \times \dots \times Syl_2 S_{2^{k_m}}$  [2].

**Теорема.** Централізатор 2-підгрупи  $Syl_2 S_{2^{k_i}}$ ,  $i \leq m$  в силовській 2-підгрупі  $Syl_2 S_n$  ізоморфний підгрупі  $C_{Aut S_n}(Syl_2 S_{2^{k_i}}) \cong Syl_2 S_n / Syl_2 S_{2^{k_i}}$ .

**Теорема.** Якщо  $m > 0$ , то довільна мінімальна система твірних для  $Syl_2 A_{n_m}$  має  $\sum_{i=0}^m k_i - 1$  твірних,

**Теорема.** Група  $A_{2^k}$  має мінімальну систему твірних з  $k$  елементів.

**Теорема.** Якщо  $n_m = 4k + 2$ , то мінімальна система твірних для  $Syl_2 A_{n_m}$  має  $\sum_{i=1}^m k_i$  елементів.

Приклад для  $Syl_2 A_{14}$ ,  $Syl_2 A_{14} \cong Syl_2 S_{12} \cong Syl_2 S_{2^2} \times Syl_2 S_{2^3} : \langle (11,12)(13,14), (9,11)(10,12), (7,8)(9,10), (1,5)(2,6)(3,7)(4,8), (1,3)(2,4) \rangle$ .

### Література

1. Скуратовський Р.В. Minimal generating systems for  $Syl_2 A_{2^k}$ . Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія І. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова. 2014, № 16 (2). С. 161–175.
2. Skuratovskii R. V., Drozd Y. A. Generators and relations for wreath products of groups // Ukr Math J. – 2008. – Vol. 60, Issue 7. – P. 1168–1171.

**Анотація.** Ми розглядаємо силовські 2-підгрупи груп  $A_n$  і  $S_n$  [1]. Нехай  $Syl_2 A_{2^k}$  і  $Syl_2 A_n$  це силовські 2-підгрупи відповідних груп  $A_{2^k}$  і  $A_n$ . В ці підгрупи вкладені силовські підгрупи багатьох квантових груп [1], тому вому виникають у квантовій теорії поля.

**Ключові слова:** силовські підгрупи, знакозмінна група.

**Слободянюк І. Ю.**  
здобувач, викладач фізики та інформатики  
Барського гуманітарно-педагогічного коледжу  
імені М.С. Грушевського  
м. Бар, Україна

**Науковий керівник – Заболотний В. Ф.**  
доктор педагогічних наук,  
кандидат фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії  
Вінницького державного педагогічного університету  
імені М. Коцюбинського  
Вінниця, Україна  
*islobodianuk@gmail.com*

## ПІДВИЩЕННЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ МОТИВАЦІЇ ГУМАНІТАРІЇВ ДО ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

Одним із важливих та дієвих факторів покращення рівня якості знань є підвищення пізнавального інтересу, зацікавленості та мотивації. Успішність та ефективність навчальної діяльності багато в чому залежить від рівня сформованості мотивів. Тому, кожен свідомий та відданий своїй справі педагог повинен працювати над формуванням в учнів пізнавальних мотивів навчання. Найбільш дієвими з них є цікавість, прагнення та потреба у пізнанні нового, наслідування ідеалів.

Встановлено, що навіть в учнів одного класу якість та обсяг засвоєння навчального матеріалу відрізняється. Часто це залежить від того, який провідний канал задіяний у процесі перцепції. Але не варто забувати й про психологічні відмінності учнів (студентів) гуманітарного профілю та учнів (студентів) технічного і математичного спрямування, які зумовлені асиметрією півкуль головного мозку, що безперечно впливає на особливості мислення, пам'яті, сприйняття інформації та мотивацію до навчання [1; 2].

На початку навчального року нами було проведено анкетування на визначення основного мотиву вивчення фізики (рис. 1), яке засвідчило, що в гуманітаріїв домінують зовнішні мотиви навчання (пов'язані з результатом навчальної діяльності (оцінка, стипендія), уникненням неприємностей та ін.) – 58,3% опитаних; учнів зі змішаними (зовнішні та

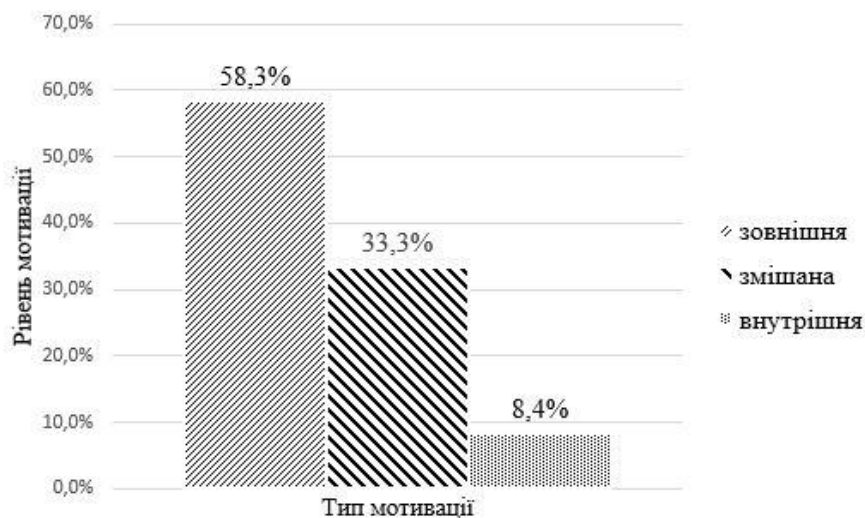


Рис. 1. Результати опитування гуманітаріїв для встановлення типу мотивації навчання

внутрішні мотиви проявляються в однаковій мірі) – 33,3%, з внутрішніми (пов'язаними з власне процесом навчальної діяльності, бажанням дізнатися нове тощо) – лише 8,4%.

Ми переконані, що зацікавленість гуманітаріїв вивченням фізики потрібно будувати через показ та подальше усвідомлення важливості та необхідності отриманих знань у повсякденному житті та професійній діяльності.

Очевидно, що подання навчального матеріалу потрібно здійснювати не в звичній встановленій формі. Окрім того, учням суспільно-гуманітарних профілів буде легше вивчати фізику, якщо теми та розділи міститимуть велику кількість наочного контенту – рисунки, демонстрації, фото, анімаційні та відеоматеріали.

У своєму дослідженні Н.О. Філатова [3] описує різницю в структуруванні навчального матеріалу для учнів різного профілю. Запропоновану нею схему [3, с.106] ми модифікували, доповнивши блоками, що відображатимуть можливість практичного використання вивчених явищ та процесів у побуті та майбутній професійній діяльності. Наприклад, для теми «Властивості рідин» схема має вигляд:

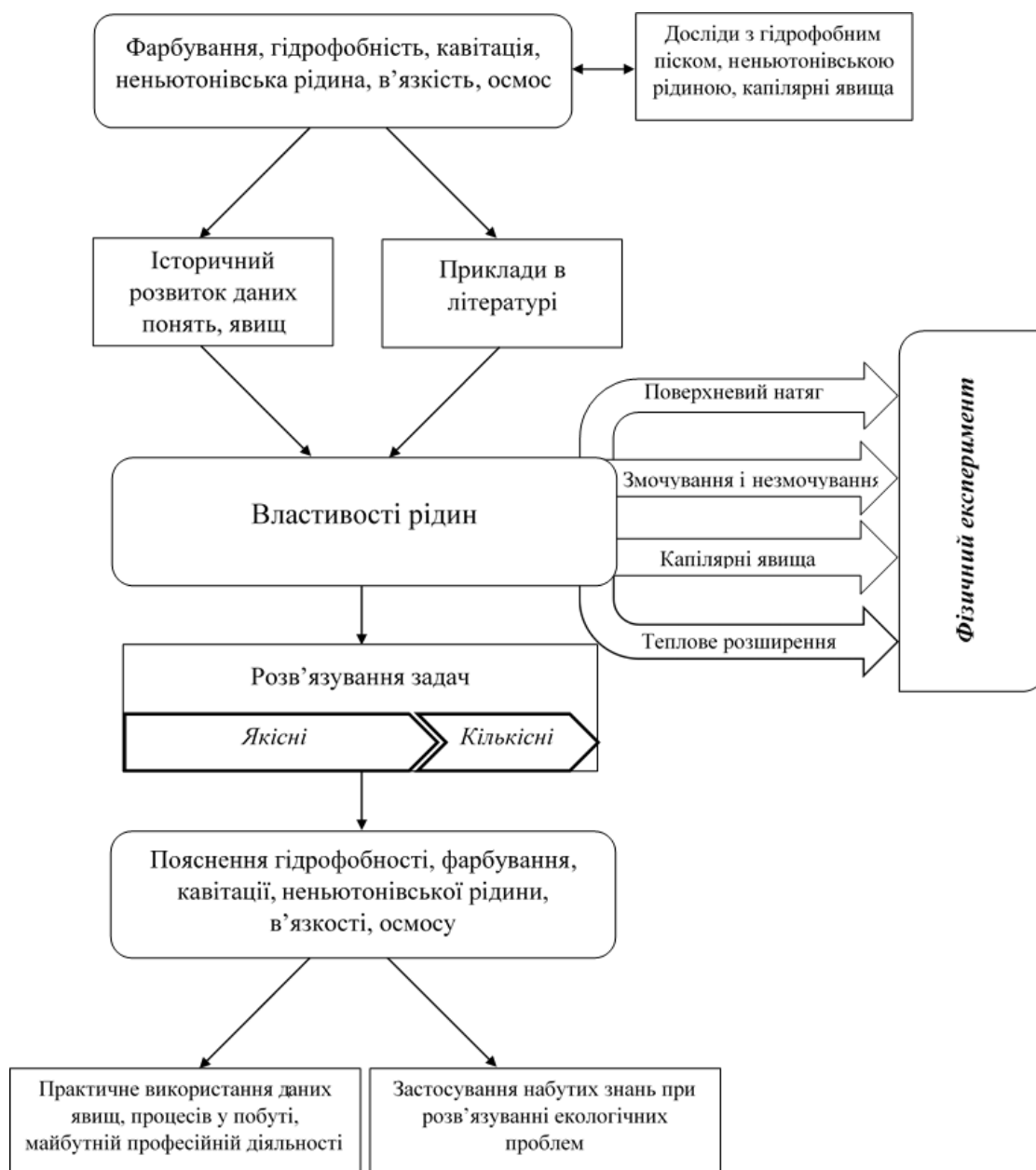


Рис. 2. Структурно-логічна схема навчальної інформації з теми «Властивості рідин»

Структуруючи початковий матеріал за запропонованою схемою (рис. 2), ми дослідили зміну рівня мотивації в кінці навчального року. Результати визначення переваги зовнішніх чи внутрішніх мотивів на завершенні навчального року представлено на діаграмі (рис. 3).

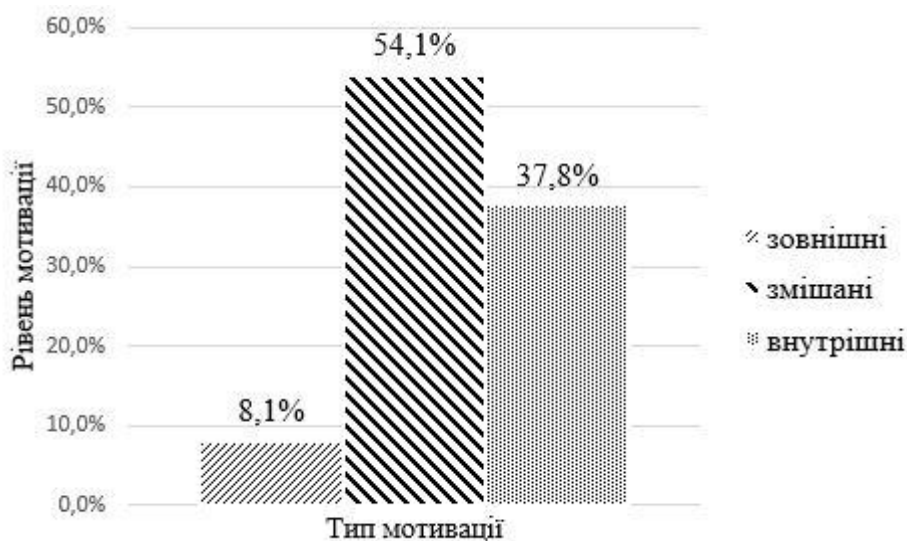


Рис. 3. Порівняння результатів переважаючого типу мотивації навчання

З проведених досліджень випливає, що рівень зовнішньої мотивації значно знизився, але зросли змішана та внутрішня мотивація. Це свідчить про те, що таке структурування навчальної інформації сприяє зростанню інтересу до навчання, що позитивно відображається і на підвищенні рівня якості навчальних досягнень учнів.

#### Література

1. Заболотний В. Ф. Психолого-педагогічні аспекти вивчення фізики в класах гуманітарного профілю / В. Ф. Заболотний, І. Ю. Слободянюк // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 3 : Фізика і математика у вищій і середній школі. – 2015. – Вип. 16. – С. 17-22.
2. Слободянюк І. Ю., Мислицька Н. А., Бабич І. О. Модернізація навчального процесу з фізики шляхом орієнтування на домінуючий тип сприйняття інформації // Фізико-математична освіта: науковий журнал. – 2016. – Випуск 3 (9). – С. 115-119.
3. Филатова Н. О. Структурирование учебной информации на уроках физики в классах гуманитарных профилей: дис. канд. пед. наук: 13.00.02 / Филатова Н. О., РГБ – М., 2007. – 148 с.

#### **Слободянюк І. Ю. Підвищення пізнавальної мотивації гуманітаріїв до вивчення фізики.**

**Анотація.** В даній роботі розглядається питання вмотивованості гуманітаріїв до вивчення фізики. На основі їх психолого-педагогічних особливостей запропоновано структурну схему вивчення навчального матеріалу на прикладі окремого розділу. Представлено результати дослідження типу мотивації до вивчення фізики в студентів гуманітарного профілю гуманітарно-педагогічного коледжу.

**Ключові слова:** мотивація, студенти-гуманітарії, структурування навчального матеріалу.

#### **Slobodianiuk I. Y. Increase of the cognitive motivation of humanitarians to study physics.**

**Abstract.** The motivation of humanitarians to study physics is discussed in this article. A structural scheme of learning material is offered on the basis of their psychological and pedagogical features. The results of research of motivation type to study physics of humanities students are presented.

**Key words:** motivation, students of humanitarian specialties, structuring of educational material.

**Сусь Б.А.,**  
доктор педагогічних наук,  
професор кафедри математики і фізики,  
Військовий інститут  
телекомунікацій та інформатизації  
м. Київ, Україна  
*bogdansus@gmail.com*

## **РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ**

**Формулювання проблеми.** У наш час проникнення комп'ютерних технологій в усі сфери життя неможливо без відповідних змін у системі освіти. Це стосується всіх навчальних дисциплін, але особливе значення має для фізики. Ще вчора фізика у нас вважалась не просто популярною, а навіть чи не найважливішою з наук. І не тільки тому, що фізика є основою багатьох технічних наук. Фізика й нині відноситься до пріоритетних наук, особливо в технічно розвинутих країнах. Але дуже важливо, що фізика, будучи фундаментальною експериментальною наукою, є ще й наукою світоглядною. Для того, щоб оцінити важливість цих обох особливостей фізики, заглянемо трошки в недалеке, а також далеке майбутнє людства.

**Розгляд проблеми.** Фізика – найдревніша наука, яка вивчає неживу природу. Проте можна з упевненістю стверджувати, що фізика – наука майбутнього, а правильніше – наука для майбутнього. І з огляду на далеке-далеке майбутнє – найважливіша наука для людей. Не треба недооцінювати інші науки, але перед фізикою, справді, в майбутньому стоять надзавдання, розв'язання яких є питанням збереження людства і можливо взагалі збереження живого. Живе відрізняється від неживого тим, що воно перебуває у нестримному розвитку. Людина також мусить розвиватися, щоб зберегти себе як живе у майбутньому. Бо насправді вона взаємодіє з неживою природою, якій байдуже до людини. Сонце і Земля утворилися десь біля 5 мільярдів років тому. Але Сонце не вічне. Термоядерні процеси на Сонці завершаться, воно стане так званим «червоним гігантом», значно розшириться і ще через 4-5 мільярдів років на Землі буде так гаряче, що життя стане неможливим. Важко уявити, що людство погодиться з припиненням життя – буде шукати виходу. І хоч підсвідомо, воно вже це робить. Формується якийсь колективний розум, який спрямовує розвиток людства. Так, 100 років тому проблеми екології не існувало, тепер вона є. Турбує проблема потепління, озонових дір, забруднення. Ми можемо оцінити, який стрімкий розвиток відбувся за останні 100 років – радіо, телебачення, комп'ютери, мобільні телефони, побували на Місяці, досягнули Марса... 100 років тому такого навіть уявити не могли ! А що буде через наступні 100 років ? Теж уявити не можемо ! А як воно може бути ? Як сумістити великі досягнення людства з неможливістю життя на Землі в майбутньому ? Очевидно, треба говорити про способи перенесення життя за межі Землі, в інші області Всесвіту. Бо вибору не буде. Настане час, коли почнуть думати не тільки про злободенне, про існування, а й про цілеспрямований розвиток, про віддалене і далеке майбутнє. Людям доведеться навчитись

регулювати своє життя, виробляти оптимальні способи його організації і розвитку. А для цього повинні існувати науки. Різні науки. Але перед фізикою неминуче постануть надзавдання – знайти способи перенесення життя за межі Землі і в інші світи. Адже навіть до найближчої зірки так далеко, що якби летіти до неї зі швидкістю кулі, потрібно мільйон років. Очевидно, доведеться створювати не просто транспортні засоби, а системи для життя в умовах відкритого космосу. Однак, все це питання настільки далекого майбутнього, що для нас поки що фантастика ! Та колись така проблема стане актуальною. На той час відбудеться значний розвиток людської цивілізації і буде інше бачення перспективи. Проте нам, теперішнім людям, теж в цьому треба брати участь. Треба усвідомити, що ті проблеми, які ми створюємо самі собі, є дуже нікчемними порівняно з проблемами, які будуть у майбутньому від чужого для нас космосу. Тому люди повинні навчитись оптимально розв'язувати проблеми життя і розвитку. І з такої точки слід оцінювати роль освіти і науки в житті суспільства. Про освіту і науку треба дбати навіть в найгірших умовах існування чи виживання. Про фізику ж треба дбати особливо. Як науку для сьогодення і для майбутнього. Як науку практичну, так і науку світоглядну.

У фізиці є багато важливих проблемних питань, які були актуальними 100 років тому і такими залишилися й нині. Від їх розв'язання залежить напрям подальшого розвитку. Наведемо лише деякі з традиційних проблемних світоглядних питань:

1. За сучасними уявленнями в основі світу є субстанція, яка має назву «матерія». Матерія перебуває у двох видах – **речовини** і **поля**. Речовина – це добре відомі для нас тіла – вода, камінь, пісок, космічні тіла – Місяць, зорі. Інший вид матерії – «поле». Ми знаємо електричне, магнітне, електромагнітне, гравітаційне поля. Електромагнітне поле – це так звані електромагнітні хвилі – світло, радіохвилі, гаммавипромінювання. Важливо, що матерія перебуває в невинному русі. Виникає проблемне питання: чи є така форма руху як взаємний неперервний перехід матерії з одного виду в інший ?

2. Електромагнітні поля, зокрема світло, також мають двоїсту природу – це хвилі і частинки водночас. І тут також існує проблема, бо в один і той самий час хвилі – явище просторове, а частинка – локалізована [1]. Як так може бути ?

3. Інша проблема: якщо світло хвилі – то в якому середовищі вони поширюються ? Якщо світло – частинки, то де тут коливний процес [2]?

4. Відомо, що електромагнітна хвиля – це коливання електричного і магнітного полів, які мають енергію. При коливанні полів коливається енергія. Проблемне питання: у що перетворюється енергія електромагнітної хвилі в процесі коливань ? Вона ж змінюється, а є закон збереження енергії !

5. Електромагнітні «поля» створюються електричними «зарядами». Що таке «заряд» як фізична реальність ?

6. Рівномірний рух частинки у квантовій механіці розглядається як хвиля – так звана хвиля де Бройля. Де у хвилі де Бройля коливний процес ? Що коливається ?

7. Ми знаємо два види взаємодії між тілами – через середовище і через обмін частинками. Обидва види дають відштовхування [3]. А який механізм гравітаційного



притягування ?

Ми навели тільки деякі, фундаментальні питання світоглядного характеру, від розв'язання яких залежить подальший напрям розвитку фізичних уявлень про природу.

**Висновок.** Приведені та інші проблемні питання відомі в навчальній літературі і у вищій школі протягом сотні років традиційно розповідається про них студентам. Правда, робиться це переважно догматично та абстрактно і в навчальній літературі не звертається увага на те, що **ряд принципів питань не тільки проблемні, а й суперечливі.** Однак в наш час стрімкого розвитку науки на проблемність фізичних світоглядних питань треба звертати увагу студентів, оскільки це сприяє розвитку критичного мислення і є важливим засобом формування їх компетентності як майбутніх вчителів фізики.

#### *Література*

1. Эйнштейн А. Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд. – М. : Наука. 1965. – 326 с. (Albert Einstein and Leopold Infeld. The evolution of physics. – New York : Simon and Schuster. 1954).
2. Линднер Г. Картины современной физики / Г. Линднер. – М.: Мир. 1977. – С. 30.
3. Sus' B.A. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition / B.A. Sus', B.B. Sus', O.B. Kravchenko. – Kyiv: PC "Prosvita", 2012. – 121 pages.

#### **Сусь Б.А. Розвиток критичного мислення як засіб формування компетентності майбутнього вчителя фізики**

**Анотація.** У фізиці як фундаментальній так і світоглядній науці існує багато традиційних проблемних питань. На проблемність і суперечливість треба звертати увагу студентів, оскільки це сприяє розвитку критичного мислення і є важливим засобом формування їх компетентності як майбутніх вчителів фізики.

**Ключові слова:** фундаменталізм, світоглядний, проблема, розвиток критичного мислення, компетентність.

#### **Сусь Б.А. Развитие критического мышления как средство формирования компетентности будущего учителя физики**

**Аннотация.** В физике, как фундаментальной так и мировоззренческой науке существуют много традиционных проблемных вопросов. На проблему и противоречивость нужно обращать внимание студентов, поскольку это содействует развитию критического мышления и является важным средством формирования их компетентности как будущих учителей физики.

**Ключевые слова:** фундаментализм, мировоззрение, проблема, развитие критического мышления, компетентность.

**Abstract.** There are a lot of traditional problem questions in physics as in fundamental and world view science. It is necessary to pay attention of students on a problem and contradiction because it assists to develop their critical thinking and the important means of forming of competence as future teachers of physics.

**Key words:** Fundamentalism, world-view, problem, development of critical thinking, competence.

**Ткаченко Ігор,  
Краснобокий Юрій**  
Уманський державний  
педагогічний університет імені Павла Тичини  
Умань, Україна  
igor.tkachenko@rambler.ru

## **ДІЯЛЬНІСНА СКЛАДОВА У ФОРМУВАННІ ПРИКЛАДНИХ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН**

Одним із чинників, які сприяють поліпшенню якості підготовки студентів – майбутніх учителів фізики для середніх загальноосвітніх навчальних закладів, є не лише засвоєння ними теоретичних знань з фізико-математичного циклу навчальних дисциплін, але й безпосереднє набуття умінь застосовувати їх на практиці. Саме діяльнісна складова навчально-виховного процесу сприяє розвитку таких важливих для пізнавальної діяльності студентів якостей мислення, як цілеспрямованість, конструктивність, послідовність і завершеність. За таких умов викладач повинен організувати діяльність студентів так, щоб вони могли самостійно опановувати нові знання в процесі власної навчально-пізнавальної діяльності. За цього, набуваючи теоретичних знань з фундаментальних дисциплін, студентам необхідно закріплювати їх на практиці, шляхом виконання лабораторних робіт, розв'язуванням кількісних та якісних задач, проводячи різні види експериментів і спостережень.

Діяльнісна складова в організації навчального процесу з фізики і астрономії дає змогу не тільки успішно розв'язувати проблему ефективного засвоєння астрофізичних знань, а й формувати у студентів вміння самостійно і фахово планувати свою діяльність у різних ситуаціях. Такий підхід дає змогу відтворити високий рівень візуалізації уявлень про астрономічні події й процеси, що відбуваються у Всесвіті, створює можливість їх моделювання з різними значеннями тих чи тих параметрів; здійснити індивідуалізацію й диференціацію навчального матеріалу відповідно до пізнавальних можливостей кожного студента.

З метою запровадження діяльнісного підходу до розв'язування астрофізичних задач інтегративного змісту виникає потреба у забезпеченні єдності трьох взаємопов'язаних процесів: а) об'єктивно існуючих способів діяльності; б) особистісно суб'єктивної навчальної діяльності; в) педагогічної діяльності викладачів.

У нашій практиці діяльнісний підхід до організації навчального процесу з фізики і астрономії зарекомендував себе шляхом формування у майбутніх учителів узагальнених умінь. Узагальнені види діяльності, які можна віднести, наприклад, до отримання знань про певний закон, можуть бути сформульовані наступним чином:

- встановлення («відкриття») закону;
- знаходження значень величин, які входять до аналітичного виразу закону, у конкретній ситуації його застосування;

- пояснення і передбачення поведінки (зміни параметрів) об'єктів у конкретних ситуаціях згідно з описуваним законом;
- відтворення можливих конкретних ситуацій з природними явищами і процесами, що підкоряються цьому закону.

Завдяки діяльнісному підходу здобуті в навчально-пізнавальній діяльності знання і вміння стають особистісними. Зазвичай, це передбачає й особливе структурування навчальної інформації у вигляді мисленнєвої задачі, яка потребує не просто запам'ятовування готового знання, а й пошуку способів її розв'язання. Специфіка отримуваної інформації полягає в тому, що вона носить допоміжний характер, а головна мета полягає у розв'язуванні мисленнєвої задачі. Навчання на основі реалізації такого підходу дає значні можливості для розв'язування різних мисленнєвих задач і проблемних ситуацій, що розвиває креативність і рефлексію майбутніх педагогів. Засвоєння навчального матеріалу буде відбуватись у контексті майбутньої професійної діяльності, якщо навчально-пізнавальні задачі, як форма його представлення, виконують функції і засоби реалізації мислительного процесу, а організація навчальної роботи виступає як форма і спосіб розв'язування навчальних проблем.

До того ж, діяльнісний підхід передбачає спрямованість освітнього процесу на розвиток умінь і навичок майбутніх вчителів фізики і астрономії, застосування на практиці раніше здобутих знань з різних навчальних предметів, успішну адаптацію в соціумі, професійну самореалізацію, формування здібностей до колективної діяльності та самоосвіти. Фахову діяльність майбутнього учителя фізики і астрономії варто проектувати як процес управління діяльністю студентів під час засвоєння ними навчального матеріалу (через пізнавально-інструментальну сукупність дій викладача та студентів). Усі відомі підходи керування реалізуються за допомогою ефективних стратегій виконання навчально-пізнавальних завдань і саме через них безпосередньо інтегруються в інструментальні та ціннісні структури цілеспрямованої діяльності учителя природничо-наукового спрямування.

За такого підходу з'являється можливість здійснювати ефективну педагогічну діяльність у конкретних умовах загальноосвітніх закладів різного типу. За цього формування професійної компетентності майбутніх учителів фізики і астрономії пов'язується з глибоким засвоєнням фундаментальних дисциплін, у навчанні яких формується майбутній учитель; знаннями, спрямованими на керування процесом пізнання; знаннями з організації системи природничої освіти.

**Ткаченко О.К.**  
кандидат фізико-математичних наук., доцент, зав. кафедри фізики  
*tok@zu.edu.ua*

**Новицький С.В.**  
кандидат фізико-математичних наук, ст. викладач кафедри фізики

**Зіновчук А.В.**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики

**Рудніцький В.Л.**  
ст. викладач кафедри фізики  
Житомирського державного університету імені Івана Франка  
м. Житомир, Україна

## **ВИВЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ В ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК**

Фізика, як наука природнича, пов'язана зі спостереженнями за фізичними процесами, які вчитель або учні відтворюють за допомогою фізичних приладів. Однак, на сьогоднішній день, в більшості шкіл не вистачає обладнання для проведення повноцінного демонстраційного та лабораторного експерименту. Зарядити ситуації може використання комп'ютерних технологій. Звичайний комп'ютер може виступати в ролі віртуальної лабораторії з відповідним програмним забезпеченням. Це дасть можливість масово проводити різноманітні експерименти та дослідження не тільки в навчальних закладах, та спеціальних лабораторіях, а й в домашніх умовах. Для прикладу, учень, побачивши на уроці досліди з застосуванням складних приладів - генераторів, осцилографів і т.д., – може без проблем повторити їх в домашніх умовах, або більше того, провівши більш глибокі дослідження, досконало вивчити фізичний процес. А це і є один з напрямків передових технологій навчання. В даній роботі ми розглядаємо використання в навчальному процесі комп'ютерної програми «Віртуальний осцилограф» та «Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01», які розроблені ТОВ фірма "ІТМ" мультимедіа. Мета цієї роботи – розробити методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з визначення швидкості звуку в повітрі та дослідження залежності частоти звуку від розмірів коливної системи музичного інструмента.

«Віртуальний осцилограф» - комп'ютерний аналог традиційного електронного осцилографа. Прилад складається з двох функціональних модулів: осцилографа і генератора сигналів звукової частоти. Апаратною частиною осцилографа є звукова карта комп'ютера. За допомогою цього приладу можна вивчати електричні сигнали, отримані від зовнішніх пристроїв, генерувати електричні коливання звукової частоти, підключати їх до зовнішніх джерел коливань для вивчення їх властивостей. Прилад ефективний при дослідженні властивостей звукових хвиль. Джерелом звукових хвиль є динаміки комп'ютера, а приймачем – мікрофон. Прийнятий мікрофоном звуковий сигнал після підсилення подається на вхід віртуального осцилографа. Використання приладу дозволяє продемонструвати наступні властивості звукових хвиль: відбивання, заломлення, інтерференцію і дифракцію.

Frequency Counter 1.01 - цифровий частотомір, реалізований програмним шляхом. Інтерфейс цього частотоміра відрізняється приємним виглядом і невеликими розмірами. Цифри стилізовані під свідчення сегментних індикаторів, з їх великими розмірами, характерним нахилом і яскравим видом. Прилад відрізняється досить високою точністю

показів, добре сприймає сигнал з імпульсами прямокутної форми, при синусоїдальному сигналі бажано, щоб його амплітуда на вході була не нижче 0,5 В. Під цифровим табло знаходяться регулятори періоду перерахунку, який може змінюватися в досить-таки великих межах, і установка синхронізації, де можна вибрати автоматичний або ручний режим.

Далі наводяться методичні рекомендації по виконанню лабораторних робіт з використанням описаних вище програмних засобів.

### **Рекомендації до лабораторної роботи №1 "Визначення швидкості звуку в повітрі"**

**Програмне забезпечення та обладнання:** програми генератора звукових частот та осцилографа, комп'ютер з мультимедійним обладнанням (акустична система, мікрофон), вертикальний дерев'яний або металевий екран розміром приблизно 50x50 см, лінійка або вимірювальна стрічка.

#### **Теоретичні відомості**

Для отримання звукової хвилі певної частоти використовуємо один динамік акустичної системи (другий відмикаємо), встановлений на демонстраційному столі. Навпроти на відстані 1-2 м встановлюємо вертикальний екран перпендикулярно до ходу звукової хвилі. Внаслідок інтерференції падаючої і відбитої звукової хвилі виникає стояча хвиля. Вузли та пучності стоячої хвилі виявляємо, переміщуючи мікрофон по лінії, що з'єднує середину динаміка та екрана. Максимальна амплітуда коливань відповідає пучності стоячої хвилі, мінімальна амплітуда - у вузлах.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Запускаємо програму «Віртуальний осцилограф». Вмикаємо генератор сигналу. На генераторі встановлюємо частоту 800 Гц.

2. На одному краю стола розміщуємо динамік акустичної системи, на протилежному краю встановлюємо вертикальний екран, між ними – мікрофон. Запускаємо осцилограф. Вибираючи частоту розгортки, рівень сигналу і рівень підсилення, досягаємо чіткої осцилограми звукових коливань.

3. Переміщуючи мікрофон між динаміком і екраном, знаходимо положення першого мінімуму і лінійкою вимірюємо відстань до екрану  $l_1$ . Пересуваючи мікрофон далі, помічаємо другий і третій мінімум. Вимірюємо відстань до екрану при третьому мінімумі  $l_3$ .

4. На генераторі встановлюємо частоту 1000 Гц і повторюємо усі операції з визначення довжин  $l'_1$  та  $l'_3$  та для цієї частоти.

5. Аналогічно виконуємо вимірювання довжин  $l''_1$  та  $l''_3$  для частоти 1200 Гц.

6. Обчислюємо довжини хвиль для першої, другої та третьої частот:  $\lambda_1 = l_3 - l_1$ ;  $\lambda_2 = l'_3 - l'_1$ ;  $\lambda_3 = l''_3 - l''_1$

7. Знаходимо швидкість звуку:  $v_1 = \lambda_1 \nu_1$ ;  $v_2 = \lambda_2 \nu_2$ ;  $v_3 = \lambda_3 \nu_3$ .

**Рекомендації до лабораторної роботи № 2 "Дослідження залежності частоти звуку від розмірів коливної системи музичного інструмента".**

**Програмне забезпечення та обладнання:** комп'ютер з мультимедійним обладнанням (акустична система, мікрофон), програма "Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01", акустична гітара, лінійка або вимірювальна стрічка.

#### **Теоретичні відомості**

Гітара – поширений музичний інструмент. Гітара має деку, яка зазвичай використовується як резонатор. Другий важливий елемент гітари — гриф, на якому затискають струни. Якщо гітарну струну відтягнути від положення рівноваги та відпустити,

то струна буде коливатися. У загальному випадку на струні повинно вкладатися ціле число півперіодів просторового змінювання амплітуди коливань струни. Значення  $n$  визначає кількість пучностей струни, яка здійснює коливання. Частоти, на яких може відбутися виникнення стоячих хвиль у струні, називаються власними частотами. Власну частоту, яка відповідає  $n=1$ , називають основним тоном; частоти відповідні  $n=2,3,4\dots$ , називають обертонами (або гармоніками).

#### **Порядок виконання роботи**

1. Запускаємо програму Frequency Counter 1.01
2. Під'єднуємо до комп'ютера мікрофон, перевіряємо, чи він ввімкнений в мікшері Windows.
3. Налаштовуємо віртуальний частотомір та мікшер Windows для визначення частоти звуку гітари.
4. Вимірювальною стрічкою вимірюємо довжину активної частини струни в відкритому стані та при притисненні до одного з ладів.
5. Визначаємо частоту звукової хвилі при коливаннях струни у відкритому стані та на кожному ладі.
6. За результатами вимірювань будуємо графік залежності частоти звуку  $\nu$  від довжини активної частини струни.
7. Знаючи швидкість звуку в повітрі (при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\nu = 343,1\text{ м/с}$ ), розраховуємо довжину отриманої звукової хвилі  $\lambda$ .
8. За результатами вимірювань будуємо графік залежності довжини звукової хвилі  $\lambda$  від довжини активної частини струни.

#### **Література**

1. Коршак С.В. Фізика: [підручник для 11 класу(рівень стандарту)]/ [Коршак С.В., Ляшенко 2. О.І., Савченко В.Ф.]. – К.: "Генеза", 2011. – 99 с.
3. Ткаченко О. К., Федьович М. В. Практикум із шкільного фізичного експерименту: Навчальний посібник для фізичних спеціальностей, - Ч I, II.- Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2004. - 156 с.
4. Воловик П.М.Фізика: Для університетів. – К.; Ірпінь: Перун, 2005. – 864 с.
5. <http://www.itm.com.ua>

#### **Ткаченко О.К., Новицький С.В., Зіновчук А.В., Рудницький В.Л. Вивчення акустичних хвиль в шкільному фізичному експерименті з використанням ПК**

**Анотація.** В роботі розглядається новий метод визначення частоти та швидкості поширення звукових хвиль без використання спеціальних фізичних приладів. Запропоновані лабораторні роботи по визначенню параметрів звукових хвиль в повітрі. Роботи виконуються за допомогою комп'ютерних програм «Віртуальний осцилограф» та «Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01»(розробка ТОВ "ІТМ").

**Ключові слова:** звукові коливання, швидкість звуку, комп'ютерні технології.

#### **Tkachenko O.K., Novitskii S.V., Zinovchuk A.V., Rudnitskiy V.L. Studying of acoustic waves in the school physics experiment using a computer**

**Abstract.** In this work it is considered a new technique for the determination of the frequency and sound wave speed without using special physics equipment. It is proposed the laboratory works on the determination of the sound wave parameters in air. The works are performed using the software "Virtual oscilloscope" and virtual frequencymeter "Frequency Counter 1.01"

**Key words :** sound oscillations, speed of sound , computer technology .

**Ткаченко О.К.,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
**СвищБ.В.,**  
викладач-методист, спеціаліст вищої категорії,  
**Степанчиков Д.А.,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
Житомирський державний університет імені Івана Франка,  
м. Житомир, Україна  
*tok@zu.edu.ua*

## **ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ З ЗАСТОСУВАННЯМ САМОРОБНИХ ПРИЛАДІВ**

Фізика як природнича наука пов'язана із спостереженнями за явищами природи, що вчитель або учні відтворюють за допомогою спеціально сконструйованих приладів. Майже кожен урок з фізики передбачає експеримент у вигляді демонстрацій, лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму. Питання методики застосування навчального фізичного експерименту розглядалися в роботах вітчизняних вчених С.П. Величко, В.П. Вовкотруба, Ю.М. Галатюка, Є. В. Коршака, О. І. Ляшенко, Ю. М. Оришина, В. Ф. Савченко, В.І. Тищука, М.Г. Цілінко та ін. [1, 2, 3]

На сьогоднішній день в більшості шкіл не вистачає обладнання для проведення повноцінного демонстраційного експерименту. Низку приладів учні під керівництвом вчителя можуть створювати самостійно. Така робота сприяє трудовому вихованню молоді, розкриттю її здібностей і талантів, підвищує креативну та пошукову активність, розвиває асоціативні уявлення, технічну кмітливість, спостережливість, здатність генерувати ідеї.

Мета даної роботи – показати можливості використання саморобних провідних рамок в курсі фізики загальноосвітньої школи.

При демонстрації дослідів з використанням відокремленого провідника зі струмом виявляється, що створене ним магнітне поле слабе, а збільшувати силу струму, який протікає по провіднику, можна до певної межі. Схожі проблеми спостерігаються і при демонстрації дії сили Ампера. Основою запропонованої методики проведення експериментів є провідні рамки, які виготовляються на пластмасовому каркасі розміром 30x40 см. На каркас намотується 50 витків мідного дроту. Це дає можливість у 50 разів збільшити індукцію створеного магнітного поля в порівнянні з відокремленим провідником. Кінці дроту під'єднані до клем на корпусі рамок. Одну рамку можна вільно підвішувати на гнучких провідниках до планки з ізоляційного матеріалу, на які виведені клеми для підключення до джерела живлення.

Нижче подано опис деяких демонстрацій з використанням створених рамок.

### ***Демонстрація № 1. Взаємодія паралельних струмів.***

До вільно підвішеної рамки зі струмом підносимо другу рамку і перевіряємо взаємодію паралельних струмів, показуємо, що струми одного напрямку притягуються, протилежні струми відштовхуються (рис.1а). Взаємодія рамок спостерігається при струмах 2-3 А.

### ***Демонстрація № 2. Дослід Ерстеда.***

Рамку закріплюємо жорстко в лапці штатива так, щоб широка сторона була розташована вздовж магнітного меридіану паралельно до площини стола (рис.1б). Дві магнітні стрілки розміщуємо біля центральної частини рамки, одну під провідником, а другу над ним. Пропускаючи струм по рамці, спостерігаємо відхилення стрілок у протилежних напрямках. Перевіряємо виконання правила свердлика при визначенні напрямку магнітного поля.

### ***Демонстрація № 3. Магнітне поле прямолінійного провідника зі струмом.***

Рамку закріплюємо вертикально в лапці штатива. Навколо вертикальної сторони на жорсткому картоні в горизонтальній площині розташовуємо невеликі магнітні стрілки, або



а)



б)



в)



г)

*Рис.1. Приклади застосування саморобних рамок у фізичному експерименті.*

насилаємо залізні ошурки. Вигляд магнітного поля проектуємо на екран за допомогою веб-камери.

### ***Демонстрація № 4. Сила Ампера.***

Верхню сторону рамки кладемо на горизонтально закріплене кільце універсального штатива. До нижньої сторони рамки підносимо підковоподібний магніт. Спостерігаємо відхилення рамки зі струмом в магнітному полі. Показуємо залежність сили Ампера від сили струму в провіднику, індукції магнітного поля. Перевіряємо виконання правила лівої руки.

### ***Демонстрація № 5. Обертання рамки зі струмом у магнітному полі.***

Вільно підвішену рамку зі струмом розміщуємо в магнітному полі двох прямих магнітів (рис.1в). Під дією сили Ампера рамка повертається. Перевіряємо виконання правила лівої руки.

### ***Демонстрація № 6. Електромагнітна індукція.***

Провідну рамку з'єднуємо провідниками з гальванометром і закріплюємо в лапці штатива. Підносимо до рамки магніт і спостерігаємо виникнення індукційного струму. Показуємо залежність електрорушійної сили від швидкості зміни магнітного потоку та напрямку магнітного поля. Для демонстрації електромагнітної індукції можна використати другу рамку, розміщену паралельно до першої. Другу рамку через вимикач та реостат з'єднуємо з джерелом струму. Індукційний струм виникає у першій рамці при включенні та виключенні струму у другій рамці, та при зміні сили струму реостатом.

### ***Демонстрація № 7. Принцип дії генератора змінного струму.***

Пропонуємо модель генератора змінного струму (рис.1г). Статором служить провідна рамка, жорстко закріплена в лапці штатива і під'єднана до гальванометра, або осцилографа. Ротор виготовляємо з прямого магніту, закріпленого на відцентровій машині (можна використати основу від приладу для демонстрації взаємодії двох зв'язаних тіл, замінивши стержень з циліндрами на постійний магніт). Обертаючи ротор, демонструємо роботу генератора. На екрані осцилографа спостерігаємо осцилограму змінного струму і демонструємо залежність амплітуди електрорушійної сили від частоти обертання ротора.



## Демонстрація № 8. Залежність сили Ампера від орієнтації провідника зі струмом у магнітному полі.

Нами запропонована методика, яка дозволяє досліджувати залежність сили Ампера від орієнтації провідника зі струмом у магнітному полі. Схема експериментальної установки

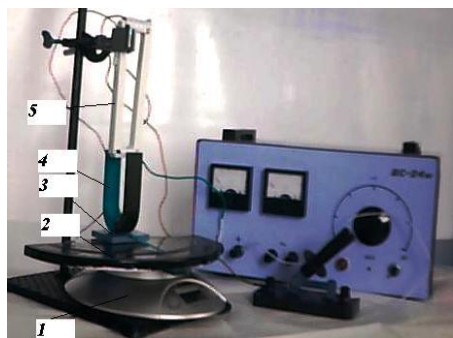


Рис.2. Експериментальна установка для дослідження залежності сили Ампера від кута  $\alpha$  між вектором магнітної індукції та напрямом струму в провіднику

показана на рис. 2. Для визначення сили Ампера використовуються електронні терези 1, які дозволяють робити зважування з точністю  $\pm 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ . Сила Ампера, яку доводиться вимірювати на цій установці, має значення  $0,05 \dots 0,3 \text{ Н}$ , так що вказана точність цілком достатня. На шальці терезів встановлюється пластина 2 зі шкалою в градусах, поворотна пластина 3 зі стрілкою для визначення величини кута повороту та зафіксований на пластині постійний магніт 4. Провідна рамка 5 закріплена в штативі і під час зважування залишається нерухомою, а переміщуються разом із шалькою терезів

постійний магніт, що покращує умови виконання досліду. В якості джерела живлення використовують випрямляч ВС-24. Для забезпечення видимості для класу градусної шкали застосовується веб-камера.

Таким чином результати нашого дослідження показують, що використання саморобних провідних рамок при невеликих затратах часу та матеріалів на їх виготовлення оптимізує проведення ряду демонстрацій з розділів "Магнітні явища" та "Електромагнітне поле" курсу фізики загальноосвітньої школи.

### Література

1. Коршак С.В. Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту / С.В. Коршак, Б.Ю. Миргородський. – К.: Рад. школа, 1981. – 280 с.

2. Ткаченко О. К. Практикум із шкільного фізичного експерименту : навчальний посібник [для фізичних спеціальностей]/ О. К. Ткаченко, М. В. Федьович. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2004. – 156 с.

3. М. Г. Цілінко М. Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму : навч. посібник [для студ. пед. ін-тів спец. "Фізика"] / М. Г. Цілінко. – К. : ІСДО, 1995. – 188 с.

### Ткаченко О.К., Свищ Б.В., Степанчиков Д.А. Вивчення властивостей магнітного поля в загальноосвітній школі із застосуванням саморобних приладів.

У статті обґрунтована можливість створення саморобного устаткування для шкільного фізичного експерименту. Представлена методика використання провідних рамок для демонстрації взаємодії паралельних струмів, досліду Ерстеда, ліній індукції магнітного поля прямолінійного провідника зі струмом, дії сили Ампера, обертання рамки в магнітному полі, електромагнітній індукції, принципу дії генератора змінного струму, дослідження залежності сили Ампера від орієнтації прямолінійного провідника зі струмом у магнітному полі.

**Ключові слова:** електромагнітне поле, саморобні прилади, демонстраційний експеримент, провідна рамка, сила Ампера.

### Tkachenko O.K., Svishch B.V., Stepanchikov D.A. Study of the Magnetic Fields Properties in the School with Homemade Equipment.

The possibility to create homemade equipment for school physical experiment is considered in the paper. The technique used the conductive frames to demonstrate the interaction of parallel currents, Oersted's experiment, the magnetic field around a straight conductor, Ampère's force, the rotation of the frame in a magnetic field, the electromagnetic induction, the principle of the alternator is proposed, Ampère's force dependence on the orientation of the straight conductor in a magnetic field.

**Key words:** electromagnetic field, homemade devices, demonstration experiment, conductive frame, Ampère's force.

## МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ САМОСТІЙНОСТІ СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ У ВИЩОМУ ТЕХНІЧНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

Досвід роботи у вищому технічному навчальному закладі вказує на те, що студенти не проявляють особливої пізнавальної самостійності, активності та творчості при навчанні.

Тому виникла потреба в формуванні та розвитку пізнавальної самостійності студента, особово-орієнтованій системі освіти, коли студент перебуває у центрі уваги викладача і його діяльність є головною.

Аналіз і узагальнення різних точок зору дозволяє нам дати наступне визначення: *пізнавальна самостійність* - це вольова якість особи, яка виявляється через здатність людини ставити цілі, планувати і ефективно виконувати на певному рівні (змістовному та організаційному) дію або комплекс дій без зовнішньої допомоги.

Ми виділяємо п'ять найбільш істотних компонент пізнавальної самостійності: мотиваційний, орієнтаційний, змістовно-операційний, емоційно-вольовий і оціночний.

Для того, щоб розвивати пізнавальну самостійність студентів у процесі викладання курсу фізики необхідно виявити чинники і умови, які впливають на розвиток даної якості.

Чинники, під впливом яких здійснюється формування, і розвиток пізнавальної самостійності студентів діляться на чотири групи:

1. *Соціальні* – вплив батьків, засобів масової інформації, спілкування з фахівцями, що працюють в певній галузі й таке інше.

2. *Освітні* - чинники, які визначають змістовну сторону пізнавальної самостійності: уявлення, факти, закони, теорії і методи науки, тобто опорні знання.

3. *Психологічні* - чинники, які обумовлені віковими особливостями студентів:

4. *Процесуальні* - чинники, що впливають на формування і розвиток пізнавальної самостійності студентів: методи, прийоми і засоби роботи викладача зі студентами, форми проведення аудиторних і позааудиторних занять.

З метою дослідження міри впливу різних чинників на розвиток пізнавальної самостійності нами було проведено тестування 155 студентів першого курсу і 12 викладачів нашого вузу. У ході проведеного дослідження нами були зроблені наступні висновки (рис. 1). На перше місце серед чинників, що впливають на розвиток пізнавальної самостійності, студенти ставлять процесуальні чинники (67 %). Це показує, що студенти вважають, що багато в чому саме від викладача, від його форм і методів роботи із студентами залежить розвиток пізнавальної самостійності.

На другому місці серед груп чинників пізнавальної самостійності студентів знаходяться соціальні чинники (24%), а саме: роль батьків (19%); засоби масової інформації (4%) та знайомства з фахівцями, які працюють в певній галузі (5%). Кажучи про батьків, студенти мали на увазі не лише їх контролюючу та стимулюючу роль, але і роль у виборі майбутньої професії..

Третє місце серед чинників, які впливають на розвиток пізнавальної самостійності, зайняли освітні чинники (11,2 %), які включають факти, закони і методи науки.

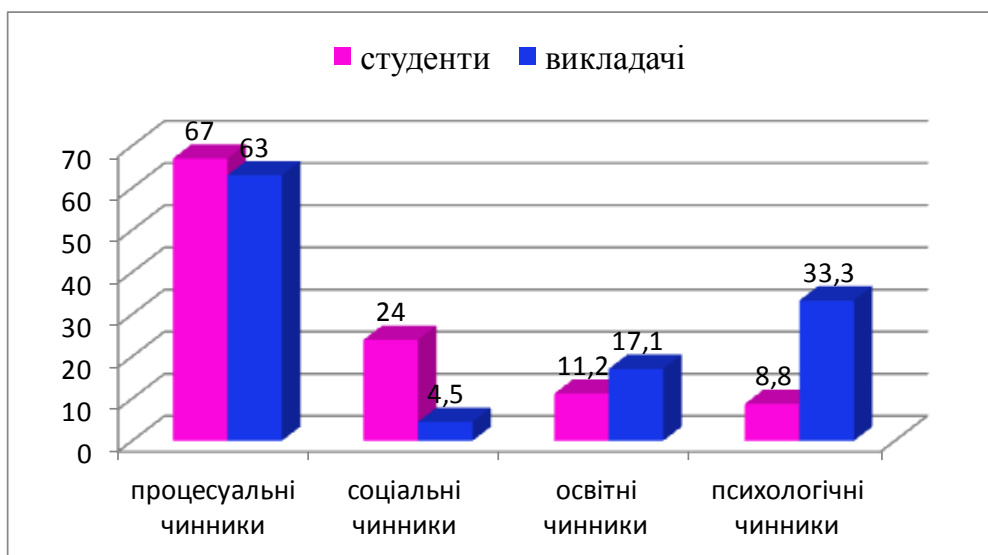


Рис. 1 - Вплив різних чинників на розвиток пізнавальної самостійності студентів за оцінкою студентів та викладачів

Четверте місце в розвитку пізнавальної самостійності за оцінкою студентів займає група психологічних чинників (8,8%). Серед чинників цієї групи найбільший відсоток (24,4%) має бажання краще підготуватися до своєї майбутньої професії. Потім вказується інтерес до предмету і знань взагалі (5,9%), але, на жаль, відсоток дуже малий, оскільки часто інтерес до навчання замінюється зацікавленістю здачею заліку або іспиту, отримання гарної оцінки. З чинником інтересу до навчання фізики тісно зв'язаний чинник цікавості і допитливості, його також вказало мале число студентів (3,3%). Тому викладач повинен викликати інтерес до предмету, стимулювати цікавість студента, яка підштовхуватиме його до пізнавальної самостійності. Так само в цій групі чинників вказуються схильності і здібності (7,2%). Оскільки будь-яка людина має схильність і інтерес до певних галузей знань, то, якщо педагог їх розвиватиме, із студента може вийти добрий фахівець.

Окрім вищеперелічених чинників, студенти вказали ще деякі чинники, стимулюючі розвиток їх пізнавальної самостійності (4%), такі як: моральна педагогічна підтримка (у вигляді похвали, високої оцінки і т. д.) студента, який проявив пізнавальну активність; гуманістичний підхід педагога в організації освітнього процесу, який передбачає самовизначення, самоорганізацію, особову творчість, свободу, вибір, альтернативність, взаємодію; видача студентам індивідуальних домашніх завдань, що вимагають якісної самостійної підготовки.

Проаналізуємо, результати анкетування, проведеного серед викладачів (рисунок 1). Головним чинником розвитку пізнавальної самостійності педагоги вважають форми і методи роботи викладача із студентами, тобто педагоги визнають провідну роль в розвитку пізнавальної самостійності студентів процесуальних чинників (62,9%). Оцінка педагогами цієї групи близька з оцінкою студентів, оскільки і ті, та інші є учасниками одного освітнього процесу і реально можуть оцінити вплив певного чинника і на хід навчального процесу, і на розвиток пізнавальної самостійності. Серйозне значення у розвитку пізнавальної самостійності викладачі відводять проблемному викладу матеріалу і експериментальним завданням (18,3 і 17,6%) відповідно, що так само відповідає думці студентів (13,9 і 15%) відповідно), оскільки і студенти реально стикаються з проблемним навчанням і експериментом на заняттях.

Викладачі розуміють важливість і психологічних чинників при розвитку пізнавальної самостійності (33,3%), велику роль в цій групі вони відводять бажанню студентів краще підготуватися до майбутньої професії (20%), а потім вже інтересу до предмету і знань взагалі (5%), схильностям і здібностям (4,6%), а потім цікавості і допитливості (3,7%). Відзначимо, що студенти цієї групи чинників віддали лише четверте місце.

Третю позицію серед чинників, по оцінках викладачів займають освітні чинники (17,1%), тобто уявлення, закони, факти, теорії і методи науки. На наступній позиції знаходяться інші чинники пізнавальної самостійності (7,2%), наприклад: проведення нетрадиційних форм перевірки знань студентів; можливість студентам навчатися за індивідуальною програмою і в індивідуальному темпі та інше.

Потім викладачі відзначають роль соціальних чинників (4,5%) при розвитку пізнавальної самостійності студентів. Таким чином, дані дослідження показують, що і студенти, і викладачі віддають провідну роль в розвитку пізнавальної самостійності процесуальним чинникам. У той же час в них є специфічні погляди на роль різних чинників при розвитку пізнавальної самостійності.

До педагогічних умов ефективного розвитку пізнавальної самостійності студентів у процесі вивчення фізики у вищій технічній школі ми відносимо:

1. *Активна участь студентів у навчанні* - прагнення до ефективного оволодіння знаннями та засобами діяльності, мобілізація вольових зусиль на досягнення навчально-пізнавальних цілей.

2. *Здійснення індивідуально-диференційованого та особисто-орієнтованого підходів*, шляхом побудови освітньо-виховного процесу, в якому організація взаємодії суб'єктів навчання в максимальній мірі орієнтована на їх індивідуальні особливості і який забезпечує самореалізацію та саморозвиток студента.

3. *Правильно організована педагогічна діяльність*: взаємозв'язок різних форм освіти і самоосвіти; технологічна освіченість викладача; поєднання підготовки з фізики з професійно-педагогічною підготовкою; опора на сучасні досягнення психології та педагогіки; методичні навички організації самостійної роботи.

4. *Оптимальне використання комп'ютера в навчальному процесі*.

Оскільки пізнавальна самостійність є якістю студента, то доцільно побудувати викладання так, щоб у процесі діяльності студентів прояв різних рівнів пізнавальної самостійності знайшов своє оптимальне поєднання, що приводить до розвитку цієї якості студента і переведення його з фіксованого рівня на вищий.

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ФІЗИКИ У ТЕХНІЧНОМУ ВУЗІ В УМОВАХ ОБМЕЖЕННЯ ЧАСУ**

У вищих технічних навчальних закладах, у процесі вивчення курсу загальної фізики, велика увага приділяється підвищенню ефективності навчального процесу в умовах обмеженої кількості аудиторних годин.

Вирішенню цієї проблеми сприяє застосування в навчальному процесі комп'ютерних технологій. Мультимедійні технології можуть ефективно використовуватися на лекціях, що включають демонстраційні досліди з фізики, на лабораторному занятті, а також на занятті фізичного практикуму.

Використання комп'ютера, як ефективного засобу навчання, значно поширює можливості педагогічних технологій: фізичні комп'ютерні енциклопедії, інтерактивні курси, всілякі програми, віртуальні досліди і лабораторні роботи дозволяють підвищити мотивацію студентів до вивчення фізики. Не зважаючи на те, що викладання фізики, в силу особливості самого предмету, є сприятливим ґрунтом для застосування сучасних інформаційних технологій, багато в чому залежить від успішного вирішення завдань методичного характеру, а також – від засобу використання автоматизованих систем в навчальному процесі.

Зміст багатьох сучасних електронних навчальних видань з фізики містять мультимедійні анімації, інтерактивні моделі, конструктори, тренажери, відеозаписи фізичних експериментів та віртуальні лабораторні роботи. Ці навчальні об'єкти є основою для організації самостійної роботи студентів як в лабораторії, так і в домашніх умовах. Ці об'єкти різняться за своїми навчальними можливостями.

У віртуальному середовищі можливо надати моделі досить високої дидактичної якості. Деякі з них зорієнтовані на зацікавленість аудиторії слухачів, відробіток у студентів окремих експериментальних умінь (тренажери, конструктори); інші допомагають вивчати фізичні явища, що недоступні для відтворення в умовах фізичної лабораторії; треті створюють умови для самостійного моделювання різноманітних фізичних ситуацій.

Найбільш ефективним, на наш погляд, для використання на лабораторному занятті є метод віртуальних маніпулятивних моделей (у тому числі конструкторів і тренажерів), а також відеофрагментів натуральних дослідів. На лекціях з фізики неможливо обійтися без демонстраційного експерименту, але не завжди матеріальна база лекційної аудиторії відповідає вимогам. І тому, на допомогу приходять комп'ютерний експеримент. Мультимедійник стає помічником не лише студента, але і викладача. Використання інтерактивної бази дозволяє вирішити питання, пов'язані з недоліком лабораторного обладнання, оптимально організувати робочий час. Ефективним є використання інтерактивних лабораторних робіт при самостійній роботі студентів в умовах скорочення аудиторного часу.

Як показує досвід, застосування тільки традиційної методики проведення фізичного експерименту призводить до низького рівня умінь і практичних навичок студентів з фізики, оскільки проведення лекційної демонстрації вимагає затрати часу, якого в умовах оптимізації навчального процесу не вистачає. Також не всі студенти вміють:

- аналізувати, розуміти і інтерпретувати графіки і таблиці, отримані в ході експерименту (не вміють застосовувати знання з математики при вивченні фізики);
- пояснювати суть фізичних явищ (слабкий словниковий запас термінології з фізики);

- розуміти закономірності фізичних процесів (не бачать причинно-наслідкових зв'язків);
- самостійно здобувати потрібну інформацію з різних джерел, у тому числі електронних.

Перелічені вище прогалини в знаннях студентів-першокурсників впливають на формування інформаційної компетентності і рівень їх знань з фізики. Необхідно відмітити, що комп'ютерні технології здатні доповнити "експериментальну" частину курсу фізики і значно підвищити ефективність лекцій. На лабораторних роботах - багаторазово провести випробування зі змінюваними параметрами, зберегти результати і повернутися до своїх досліджень в будь який час. Робота з цією моделлю навчання відкриває перед студентами величезні пізнавальні можливості, роблячи їх не лише спостерігачами, але і активними учасниками навчального процесу.

Таким чином, використання інформаційних технологій на заняттях з фізики, дозволяє студентів:

- глибше зрозуміти фізичні процеси і закономірності, а також навчитися застосовувати отримані знання з практики;
- реалізувати особисто-орієнтований підхід в навчанні;
- інтегрувати знання;
- поетапно проводити експерименти, застосовувати методи диференційованого навчання;
- мотивуватися на науково-дослідну роботу за будь-якими темами для самостійного створення мультимедійних моделей взаємодії тіл і фізичних явищ та змінюючи параметри взаємодії, наочно бачити результат.

#### **Філіпенко І.І. Сучасні методи викладання курсу фізики у технічному вузі в умовах обмеження часу**

**Анотація.** Використання інтерактивних мультимедійних технологій на заняттях з фізики дозволяє вирішити питання, пов'язані з недоліком лабораторного обладнання, оптимально організувати робочий час. Ефективним є використання інтерактивних лабораторних робіт в умовах скорочення аудиторного часу.

**Аннотация.** Использование интерактивных мультимедийных технологий на занятиях по физике, позволяет решить вопросы, связанные с недостатком лабораторного оборудования, оптимально организовать рабочее время. В условиях сокращения аудиторного времени, эффективным является использование интерактивных лабораторных работ.

**Abstract.** Use of interactive multimedia technologies on employments on physics, allows to decide the questions related to the lack of laboratory equipment, optimal to organize business hours. In the conditions of reduction of audience time, effective is the use of interactive laboratory works.

**Філоненко М.М.**

кандидат фіз.-мат. наук, доцент  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова  
м. Київ, Україна  
*m.m.filonenko@npu.edu.ua*

## **ЛАШКАРЬОВ В.Є. – ПЕРШОВІДКРИВАЧ *p-n* ПЕРЕХОДУ**

Широка громадськість не знайома з багатьма іменами видатних постатей вітчизняної фізичної науки, які жили і працювали в ХХ столітті. Серед тих, хто своєю самовідданою працею і розумом розвивав українську фізичну науку був Вадим Євгенович Лашкарьов - видатний вчений в галузі фізики напівпровідників, засновник і перший директор Інституту напівпровідників, академік Національної академії наук України.



Народився Вадим Євгенович 7 жовтня 1903 р. у м. Києві в родині юриста. Його батько, Євген Іванович, до революції був прокурором Київської судової палати. Взагалі рід Лашкарьових походить від стародавнього роду грузинських дворян – Лашкарашвили-Бібілури. Багато років тому, при Петрі I, вони переїхали в Росію разом з царем Вахтангом. З поміж попередніх поколінь Лашкарьових можна згадати Сергія Лазаровича Лашкарьова – видатного дипломата ХVІІІ ст. Саме він переконав кримського хана Шагін-Гірея зрестися покровительства Османської імперії та приєднатися до Російської імперії. Серед родичів Вадима Євгеновича по лінії батька – видатний авіаконструктор Ігор Іванович Сікорський.

В 1924 р. Вадим Євгенович закінчив Київський інститут народної освіти, правонаступником якого є Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова. 1924–1927 рр. – аспірант, викладач Київської науково-дослідної кафедри фізики. Наукова робота присвячена фізиці рентгенівських променів. 1925 р. разом із В.П. Лінником розробив оригінальний метод визначення коефіцієнта заломлення рентгенівських променів. Він брав активну участь у створенні Інституту фізики АН УРСР, де 1929–1930 рр. завідував відділом рентгенофізики.

В 1930 р. на запрошення академіка А.Ф. Іоффе В.Є. Лашкарьов переїздить в Ленінград і очолює лабораторію Фізико-технічного інституту. Одночасно з цим він працює доцентом Ленінградського політехнічного інституту. В 1930–1935 рр., він виконав піонерські дослідження розподілу електронної густини у кристалах, які узагальнив у монографії *“Дифракція електронів”* (1933 р.). Враховуючи високий науковий рівень виконаних досліджень в 1935 р. Вадиму Євгеновичу присуджено науковий ступінь доктора фізико-математичних наук без захисту дисертації.

На жаль перші роки наукової діяльності В.Є. Лашкарьова співпали з роками репресій. Не зважаючи на всі наукові заслуги, 27 лютого 1935 р. Вадима Євгеновича заарештовують за *“участь в кримінальній групі містичного характеру”* і після трьохмісячного перебування в камері його засуджують на п'ять років та висилають в м. Архангельськ. Там він завідував кафедрою фізики місцевого медінституту та вивчав біофізику нервів. З поміж його студентів був майбутній академік НАН України всесвітньовідомий кардіохірург Микола Михайлович Амосов. Він згадував, що В.Є. Лашкарьова, напевно, вислали з Ленінграду за спіритизм, тому, що якби провинна дотягувала до *“ворога народу”*, то його скоріш за все вислали б до табору, а не дозволили викладати в інституті. Саме Вадим Євгенович відкрив М.М. Амосову спіритизм, телепатію,

телекінез, левітацію, йогу. За твердженнями Миколи Михайловича, Вадим Євгенович часто відвідував спиритичні сеанси та вірив у потойбічний світ. Сам М.М. Амосов після знайомства з В.Є. Лашкарьовим теж зацікавився цією “антинауковою” сферою, яку він називав “інша фізика”, але доказів її правдивості так і не отримав. Вадима Євгеновича було реабілітовано 15 липня 1957 р.

З 1939 р. наукова і педагогічна діяльність В.Є. Лашкарьова пов’язана з Україною. Цього року на запрошення Академії наук УРСР він повертається в Київ, де очолює одночасно відділ напівпровідників Інституту фізики, яким керує до 1960 р., та кафедру фізики Київського державного університету імені Тараса Шевченка.

Під час війни Вадим Євгенович разом з Інститутом фізики перебував у евакуації в Москві та Уфі. Одночасно з цим він очолює лабораторію НДІ Міністерства електронної промисловості СРСР, де розробив міднозакисний діод для польових військових радіочастих.

В 1944 р. Президент Академії наук УРСР академік О.О. Богомолець запрошує В.Є. Лашкарьова повернутися до Києва і вже через рік його обирають дійсним членом АН УРСР.

В період 1946-1951 рр. Вадим Євгенович працює в Президіумі АН УРСР: 1946-1949 рр. академік-секретар Відділення фізики, а потім член Президії.

У 1960 р. на виконання Постанови Ради Міністрів УРСР №1449 від 3 вересня “Про організацію у складі Академії наук Української Радянської Соціалістичної Республіки Інституту напівпровідників” та відповідної постанови Президії АН УРСР від 7 жовтня 1960 р. було створено Інститут напівпровідників, а директором призначено Вадима Євгеновича Лашкарьова. Під його керівництвом інститут стає провідним науковим центром з фізики напівпровідників світового рівня. Він очолював цей інститут до 1970 р.

У після воєнний час Вадим Євгенович обіймає різноманітні посади. В продовж 1944–1952 рр. він очолює кафедру фізики Київського університету імені Тараса Шевченка, а у 1952 р. створює першу в СРСР кафедру фізики напівпровідників, яку очолює до 1956 р. У 1956 р. за ініціативою В.Є. Лашкарьова засновано “Український фізичний журнал”, і він стає Головним редактором.

В цей час В.Є. Лашкарьов зі своїми учнями отримали принципово нові для фізики напівпровідників результати. У 1941 р. Вадим Євгенович перший у світі експериментально відкрив  $p$ - $n$  перехід та розкрив механізм електронно-діркової дифузії. На основі цих результатів на початку 50-х років ХХ ст. в Україні були створені напівпровідникові тріоди. Пріоритет його відкриття підтверджується публікацією “Исследование запорного слоя методом термозонда” (1941 р.) і у співавторстві з К.М. Косоноговою – “Влияние примесей на вентиляльный фотоэффект у закиси меди” (1941 р.). Він встановив, що обидві сторони “запирного шару”, розташованого паралельно границі поділу мідь-закис міді, мали протилежні знаки носіїв струму. Це явище одержало назву  $p$ - $n$  переходу ( $p$  – *positive*,  $n$  – *negative*). Вадим Євгенович розкрив також механізм інжекції - найважливішого явища, на основі якого діють напівпровідникові діоди і транзистори.

Слід зазначити, що перше повідомлення Джона Бардіна та Волтера Браттейна в американській пресі про появу напівпровідникового підсилювача - транзистора датоване 1948 р., тобто через 7 років після робіт В.Є. Лашкарьова. В 1951 р. Вільям Бредфорд Шоклі покращив характеристики транзистора. За п’ять років всі вони отримали Нобелівську премію з фізики. А про Вадима Євгеновича ні слова. Можливо, “холодна війна” та існуюча тоді “залізна завіса” зіграли негативну роль в тому, що він нобелівським лауреатом не став.

Впродовж 1948-1970 рр. В.Є. Лашкарьов разом з учнями виконав фундаментальні дослідження фотоелектричних явищ в напівпровідниках. Зокрема запропонував загальну теорію фото ЕРС у напівпровідниках, розпочав піонерські дослідження поверхневих явищ у напівпровідниках, вивчив зміну поверхневої провідності і контактної різниці потенціалів при адсорбції на поверхні молекул газів.



За комплексне дослідження напівпровідникових сполук типу  $A^{II}B^{VI}$  колективу авторів на чолі з В. Є. Лашкарьовим була присуджена Державна премія УРСР в галузі науки і техніки у 1981 р., але, на жаль, Вадиму Євгеновичу –по смертно.

Без перебільшення можна стверджувати, що поряд з такими видатними вченими в галузі фізики напівпровідників і фізики твердого тіла, як А.Ф. Іоффе, Д.М. Наследов, В.М. Тучкевич, Вадим Євгенович був загально визнаним фундатором напівпровідникової науки в Україні, впровадження досягнень якої в життя забезпечило революційні перетворення в автоматичній, обчислювальній техніці, без яких неможливо було в другій половині ХХ ст. реалізувати перші кроки в освоєнні космічного простору.

В.Є. Лашкарьов надавав великої уваги підготовці наукових кадрів. Створена ним наукова школа із фізики напівпровідників зробила вагомий внесок у розвиток уявлень про напівпровідники. Серед його учнів академік Національної академії наук України Олег В'ячеславович Снітко, член-кореспонденти НАН України Володимир Григорович Литовченко, Мойсей Ківович Шейнкман, доктори наук Василь Іванович Ляшенко, Євген Андрійович Сальков, Григорій Аврамович Федорус, Віталій Іларіонович Стріха та багато інших.

Глибоке знання літератури та історії, а також любов до музики робили Вадима Євгеновича одним з найосвіченіших людей свого часу. Він користувався повагою багатьох визначних науковців з різних галузей. Близькими його друзями були А.І. Аліханов, Б.М. Вул, А.Ф. Йоффе, І.В. Курчатова, В.П. Філатова та інші вчені.

Заслуги В.Є. Лашкарьова у розвитку науки і підготовці наукових кадрів відзначено орденом «Знак Пошани» і Почесною Грамотою Президії Верховної Ради УРСР. А організованому і очолюваному ним впродовж 10 років Інституту фізики напівпровідників Постановою Президії Національної академії наук України 4 лютого 2003 р. присвоєно його ім'я.

Помер Вадим Євгенович Лашкарьов 1 грудня 1974 року і похований на Байковому цвинтарі в м. Києві.

### Література

1. Храмов Ю.А. История физики / Храмов Ю.А. – К.: Феникс, 2009. – 1176 с.
2. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, 1960-2010 рр. / за ред. В.Ф. Мачуліна. - К.: Інтертехнодрук, 2010. – 450 с. :
3. В. Мачулін. Академік Вадим Лашкарьов / В. Мачулін // Світогляд. – 2008. – №5. – С.16-17.

#### **Філоненко М.М. Лашкарьов В.Є. – першовідкривач $p-n$ переходу**

**Анотація.** Коротко розглянуто життєвий шлях та науковий доробок відомого українського вченого в галузі напівпровідників Вадима Євгеновича Лашкарьова

**Ключові слова:** Лашкарьов В.Є.,  $p$ -перехід, історія науки

#### **Filonenko M.M. V.E.Lashkaryov - discoverer of $p-n$ transition**

**Abstract.** The life and scientific achievements of famous Ukrainian scientist in the field of semiconductors Vadim E. Lashkarev have been briefly considered.

**Key words:** V.E.Lashkaryov,  $p-n$  transition, history of science

**Чернявский В.В.**

кандидат педагогічних наук, доцент,  
декан факультету судноводіння,  
Херсонська державна морська академія,  
м. Херсон, Україна  
*ch\_vv@i.ua*

## **ЗНАЧЕННЯ ЗНАТЬ З ФІЗИКИ ДЛЯ УСВІДОМЛЕНОГО ЗАСВОЄННЯ ЗМІСТУ ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО ЦИКЛУ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ**

Україна є одним з основних постачальників морських фахівців для флотів різних країн і займає за цим показником четверте місце у світі. Відповідно, це накладає на морські вищі навчальні заклади підвищену відповідальність за підготовку фахівців річкового та морського транспорту. Адже головне для випускника вищої морської школи – це вдале працевлаштування, а тому державі належить провідна роль у зменшенні ризиків для українських моряків на міжнародному морському ринку праці. Тому нині колективи морських вищих навчальних закладів активно працюють над розв'язанням питання: яким чином це можна реалізувати? Зрозуміло, що, насамперед, необхідно забезпечити підготовку кваліфікованих кадрів, що мають високий рівень фахової підготовки та інтелектуального розвитку. Слід відзначити, що нині система підготовки фахівців річкового та морського транспорту у морських вищих навчальних закладах України забезпечує достатній рівень сформованості фахової компетентності випускників, проте, цілісна концепція морської освіти знаходиться лише на стадії розвитку. Тому головним завданням вищої морської школи на сьогоднішній день є визначення довготривалої стратегії морської освіти і реальних механізмів, які забезпечать більш високий рівень освіченості майбутніх фахівців річкового та морського транспорту відповідно до вимог кріюінгових агентств.

Одним з головних шляхів підвищення рівня морської освіти ми вважаємо його фундаменталізацію, підсилення уваги до викладання фундаментальних наук, основною з яких є фізика. Важливо відмітити, що у морській вищій школі внаслідок специфіки її спрямованості саме фізика згідно освітнього стандарту забезпечує природничонаукову підготовку курсантів. Тому без перегляду підходів до розуміння значущості фізики для майбутніх морських фахівців, без розроблення нових методик її викладання неможливо розв'язати завдання підготовки висококваліфікованих фахівців. Це пояснюється тим, що фізика є безпосередньою, постійно діючою та найбільш ефективною рухомою силою науково-технічної сфери, що відноситься не лише до новітніх високих технологій, але й до будь-яких сучасних виробничих процесів.

Що ж стосується безпосередньо морської галузі, то саме результати фундаментальних фізичних досліджень забезпечують швидкий темп розвитку морської промисловості, насичують морську справу сучасними засобами вимірювань, досліджень, контролю і автоматизації. Все більше фундаментальних фізичних теорій починають використовуватися для практичних цілей при реалізації суднових енергетичних установок та електричних систем і комплексів транспортних засобів. Зрозуміло, що у процесі навчання фізики курсанти мають бути ознайомлені з основними напрямками використання результатів фізичних досліджень у їх майбутній професійній діяльності. Крім того, при вивченні фізики ефективно формуються наукове та інженерне мислення, а висвітлення зв'язку знань з фізики та з дисциплін професійного циклу підготовки дозволяє курсантам скласти чітку уяву про місце своєї професії у системі загальнонаукових знань та їх прикладних використань.

Цілком очевидно, що найкращі результати у фундаменталізації морської освіти забезпечує компетентнісний підхід до організації освітнього процесу. На нинішньому етапі розвитку освіти цей підхід визнаний як найбільш демократичний і гуманістичний, а

важливим аргументом на користь його запровадження є необхідність узгодження освітніх систем в глобалізованому світі з метою надання молодій людині елементарних можливостей щодо інтегрування в різні соціуми, самовизначення в житті, а також, що найбільш важливо, одержання ґрунтовних, глибоких і міцних знань, підсилення взаємозв'язку теоретичної і прикладної підготовки, формування універсальних знань та розвиток наукового світогляду. Головною особливістю компетентнісного підходу є перенесення акцентів з процесу навчання на його результати, якими є компетентності. Останні не є ізольованими одиницями навчальних планів, вони втілюють елементи академічної та професійної освіти, оцінку попереднього досвіду навчання та тенденції до подальшого розвитку.

Чому виникла нагальна необхідність запровадження компетентнісного підходу? Це було пов'язане з тим, що традиційне навчання, яке використовувалося протягом багатьох десятиліть, в сучасних умовах загубило свою ефективність внаслідок об'єктивних причин, а саме: усереднений загальний темп вивчення матеріалу; єдиний усереднений обсяг знань, що засвоюють курсанти; значна питома вага знань, що отримують курсанти в готовому вигляді через викладача без опори на самостійну роботу; недостатні можливості для визначення викладачем рівня сприйняття курсантами навчального матеріалу; домінування словесних методів викладання, що створює об'єктивні передмови відсутності концентрації уваги курсантів; відсутність у курсантів умінь щодо самостійної роботи з підручниками та навчально-методичними посібниками; орієнтація навантаження на пам'ять студентів, а не на усвідомлення тих чи інших наукових понять (у кого пам'ять краща, той більш успішно відтворює навчальний матеріал, але у майбутній професійній діяльності ці методи заучування і точного відтворювання інформації не є ефективними); студент не підготовлений до тих форм роботи, які зустрічаються у професійній практиці (вміння знаходити необхідну інформацію для певного виробничого рішення, вміння знаходити самостійне творче рішення в умовах морської практики).

Застосування компетентнісного підходу обумовлює трансформацію освітніх результатів і задає вектор подальших змін всієї безперервної морської освіти. При правильній організації освітнього процесу з дотриманням загальних дидактичних принципів навчання на компетентнісно-діяльнісній основі у курсантів формуються здатності щодо застосування тих або інших компетентностей для вирішення навчальних або практичних проблем. Перехід Херсонської державної морської академії до організації навчання на основі компетентнісного підходу породжує відповідні зміни у розумінні морської освіти, а саме: 1. Від викладачів вимагається чітко визначення кінцевих цілей у навчанні курсантів. 2. Цілі навчання відтепер повинні формулюватися в термінах знань – результатах навчання, які повинен здобути курсант, у той час як академічні траєкторії навчання в цілому визначаються згідно внутрішньої логіки змісту дисципліни або модуля. 3. Результати навчання слід виражати у термінах компетентностей, тобто виходячи зі способів дії і мислення, яких має набути курсант впродовж навчання. Це є суттєвим оновленням системи освіти, оскільки традиційна морська освіта була у більшій мірі теоретичною, а застосування знань у реальних ситуаціях розглядалося як доповнення. Компетентності уточнюються професійними навичками, у кінцевому результаті уточнюються більш вузькими результатами навчання, які є мінімальними складовими блоками для побудови навчального плану, а у подальшому основними елементами у заходах із забезпечення якості програми підготовки морських фахівців.

Покажемо на конкретному прикладі важливість знань з фізики для засвоєння елементів майбутньої професійної діяльності фахівців річкового та морського транспорту. Наприклад, компетентність «Планування і проведення переходу та визначення місцезнаходження судна» складається з кількох професійних навичок:

1. Здатність визначати місцезнаходження судна з використанням радіонавігаційних засобів.

2. Здатність працювати з ехолотами та правильно застосовувати одержувану від них інформацію.

3. Знання принципів гіро- та магнітних компасів та уміння визначати поправки гіро- та магнітних компасів.

4. Уміння використовувати та розшифровувати інформацію, отриману з суднових метеорологічних приладів. Знання характеристик різних систем погоди, порядку передачі повідомлень та систем запису. Уміння застосовувати наявну метеорологічну інформацію.

Як бачимо, засвоєння професійно спрямованих знань, які забезпечують формування вищезазначеної компетентності, можливе лише за наявності ґрунтовних знань з дисципліни «Загальна фізика», зокрема з таких тем, як «Основи молекулярно-кінетичної теорії», «Електромагнітні хвилі», «Принципи радіозв'язку і радіолокації», «Магнітне поле».

Згідно сучасних стандартів вищої освіти та нової редакції Закону України «Про вищу освіту», розвиток і формування універсальних навчальних дій як основи майбутніх компетентностей здійснюється в рамках навчальних завдань і навчальних ситуацій. Очевидно, що компетентності не можуть бути сформовані засобами однієї навчальної дисципліни або деякого циклу навчальних дисциплін (математично-природничих, гуманітарних, загально-професійних, професійних). Тому в рамках реалізації компетентнісного підходу у навчанні необхідно враховувати важливу специфіку – міжпредметність (міжпредметну інтеграцію) в рамках побудови ефективної педагогічної системи формування професійно-значущих компетентностей. Це означає, що в процесі моделювання освітнього процесу необхідно чітко визначити взаємопов'язані предметні області переліком навчальних дисциплін. Доречно об'єднувати їх в модулі навчальних дисциплін, вплив яких на формування освітнього результату, вираженого у термінах фахових та загальних компетентностей, є максимально ефективним. Таким чином, перед спеціалізованими та допоміжними кафедрами Херсонської державної морської академії на сьогодні постає важливе і першочергове завдання – організація і методичний супровід підготовки фахівців річкового та морського транспорту на основі компетентнісного підходу. На наш погляд реалізація компетентнісного підходу у навчанні в академії та її структурних підрозділах забезпечується такими основними напрямками діяльності: 1. Створення компетентнісної моделі морського фахівця ля випускника академії, коледжу, ліцею. 2. Визначення кінцевих результатів навчання. 3. Інтеграція дисциплін загального та професійного циклів підготовки, зокрема, дисципліни «Фізика» зі спеціалізованими дисциплінами.

#### Література

1. Чернявський В.В. Зміст курсу загальної фізики як важливий чинник підвищення якості фундаментальної підготовки морських спеціалістів // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – Випуск 10: збірник наукових праць. – Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – С. 124 – 128.

2. Чернявський В.В. Особливості фундаментальної підготовки з фізики майбутніх фахівців морської галузі // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Випуск 61. – Херсон: ХДУ, 2012. – С. 358-362.

#### **Чернявський В.В. Значення знань з фізики для усвідомленого засвоєння дисциплін професійного циклу підготовки морських фахівців.**

Констатовано, що провідна роль України на світовому морському ринку праці накладає на морські вищі навчальні заклади підвищену відповідальність за підготовку фахівців річкового та морського транспорту. Доведено, що важливу роль у формування фахової компетентності морських фахівців відіграють знання з фізики.

**Ключові слова:** фахівці річкового та морського транспорту, знання з фізики, дисципліни професійного циклу підготовки.

#### **Cherniavsky V.V. The value of knowledge in physics for conscious assimilation of disciplines professional cycle training maritime professionals.**

Stated that the leading role of Ukraine in the global maritime labor market imposes on maritime universities increased responsibility for training specialists river and sea transport. It is proved that an important role in the formation of professional competence of marine specialists play a knowledge of physics.

**Key words:** specialists river and sea transport, knowledge of physics, the discipline of a professional cycle training.

**Шевчук Т.М.**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики Рівненського  
державного гуманітарного університету,  
м.Рівне, Україна  
*t.shevchuk\_81@mail.ru*

## **СИНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ЗНАТЬ ПРО МАКРОМОЛЕКУЛЯРНІ СИСТЕМИ У СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ПЕДАГОГІЧНИХ ЗАКЛАДІВ**

З точки зору теорії систем освіти в Україні можна розглядати як дисипативну структуру з нелінійними процесами в ній. З одного боку, освіта і навчальний процес мають чітко визначені освітніми стандартами мету, зміст, завдання, а з іншого – освіта досі залишається майже догматичною, вузько орієнтованою, не спроможною швидко реагувати на зміни у сучасному світі, має роль простого ретранслятора інформації та знань, зміст яких майже не змінюється з часом. Пошук інноваційних рішень та нових освітніх моделей, які були б спроможні вирішити ці проблеми, триває постійно. Наразі формування нових стратегій освітнього простору багато науковців вбачають у полі синергетики – науки, що аналізує процеси динаміки, взаємодії та самоорганізації відкритих структур. За такого підходу навчальний процес та систему формування професійної компетентності вчителів можна також вважати синергетичним, що потребує теоретичних і експериментальних досліджень.

Синергетичні засади досліджень в різних сферах життєдіяльності людини виникли на межі діяльності різних світових наукових шкіл. Це наукова школа німецького фізика Хакена Г. (генерація лазерів, самоорганізація, ієрархія нестійкості), австрійського біолога К. Л. фон Берталанфі (загальна теорія систем), брюсельська школа Пригожина І. (дисипативні структури, самоорганізація в фізико-хімічних процесах), школи Тома Р., Арнольда А., Рене Т., Уїтні Г. (теорія катастроф), чилійської школи Матурана У. і Верелла Ф. (теорія аутопоезиса живих систем), школа Белоусова Б.П., Жаботинського А.М. (основа біоритмів живого), наукової школи Самарського А.А., Курдюмова С.П. (теорія самоорганізації в обчислювальному експерименті), біофізичної школи Волькенштейна М.В. і Чернявського Д.С. (життя з точки зору фізики), теорії фракталів Мальдеброта Б. [1, 2].

Розвиток сучасної науки вказує на те, що всі види фізичних, хімічних, біологічних, суспільних явищ описуються однаковими закономірностями. Прикладом такого об'єднувачого фактору є наука про полімери, інтенсивний розвиток якої зумовлений практичними потребами суспільства. Аналіз структурованості науки про полімери вказує на те, що знання про макромолекулярні системи потребують фахівці не тільки природничих галузей знань, матеріалознавства і технологій, але й спеціалісти гуманітарної сфери діяльності [3].

Питання вивчення властивостей полімерних матеріалів та методичних засад у курсі фізики, хімії, біології, загальноосвітньої середньої школи та вузу висвітлювались в роботах Ю.С. Ліпатова, Н.А. Плате, О.М. Либкіна, Г.-Г. Еліаса, С.М. Шевченка, Б.П. Дем'янюка, Б.С. Колупаєва, М.А. Бордюка В.В. Борисова, М.Д. Франк-Каменецького, Ф.Ф. Боєчко, І.Н. Чертова, В.Є. Гуля, А.Ю. Гросберга, А.Р. Хохлова, М.І. Шута, Т.Г. Січкаря, А.В. Касперського, Г.М. Бартенєва, Ю.В. Зеленева.

Ці дослідження у теорії та практиці освіти, які визначають перспективні напрямки теоретичного переосмислення професійної підготовки майбутніх учителів базуються на накопиченому вагомому досвіді в галузі фізики як фундаментальної науки та підготовці спеціалістів для середньої і вищої освіти в цій сфері. Для здійснення підготовки вчителів фізики у вищих педагогічних навчальних закладах потрібно створити умови поєднання процесів навчання, фахових практик і науково-дослідної роботи. Така система формування теоретичної і практичної фахової компетентності потребує міждисциплінарних підходів – синергетичних.

В умовах широкомасштабних змін в освіті важливого значення набуває принцип багатоваріантності і множинності структури, змісту і методів системи неперервного навчання як основи її функціонування.

Цей принцип є визначальним у галузі теорії і практики навчання і виховання. У таких умовах формування знань, практичних умінь і навичок, творчих здібностей і творчої активності забезпечує ґрунтовну підготовку майбутнього спеціаліста і сприяє можливостям у його творчій роботі. Відповідно до цього, у вищій школі потрібно навчати за принципом «освіта впродовж життя». Такий підхід забезпечує синергетичність знань, можливість їх корекції з врахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

Основними напрямками реалізації цих проблемних питань є вивчення властивостей полімерних матеріалів у курсі фізики, хімії, біології вузів та прикладних дисциплін вузів, що дає можливість отримати сучасні знання і хорошу практичну підготовку. Поряд з іншими факторами, це передбачає забезпечення правильного розуміння сучасної наукової картини світу, яка дозволяє бачити всі отримані знання в їх єдності і взаємозв'язку, виділяючи і логічно обґрунтовуючи в цій картині місце і значення будь-якого природного явища і наукової проблеми.

Використання полімерних матеріалів у побуті і техніці сприяє вивченню їх властивостей під час виконання лабораторних практикумів і на заняттях наукових студентських гуртків [4].

Для студентів фізичних, хімічних, та інших природничих спеціальностей педагогічних університетів найбільш ефективним способом формування знань з фізики, хімії полімерів та біополімерів є проведення спецкурсів і спецсеминарів [5]. Метою запровадження таких видів занять у вищій школі є освоєння студентами фундаментальних знань в галузі науки про високомолекулярні сполуки, а також експериментальних методів дослідження властивостей макромолекулярних систем. При викладанні таких спецкурсів враховується синергетичність підбору матеріалу та його використання майбутніми педагогами в

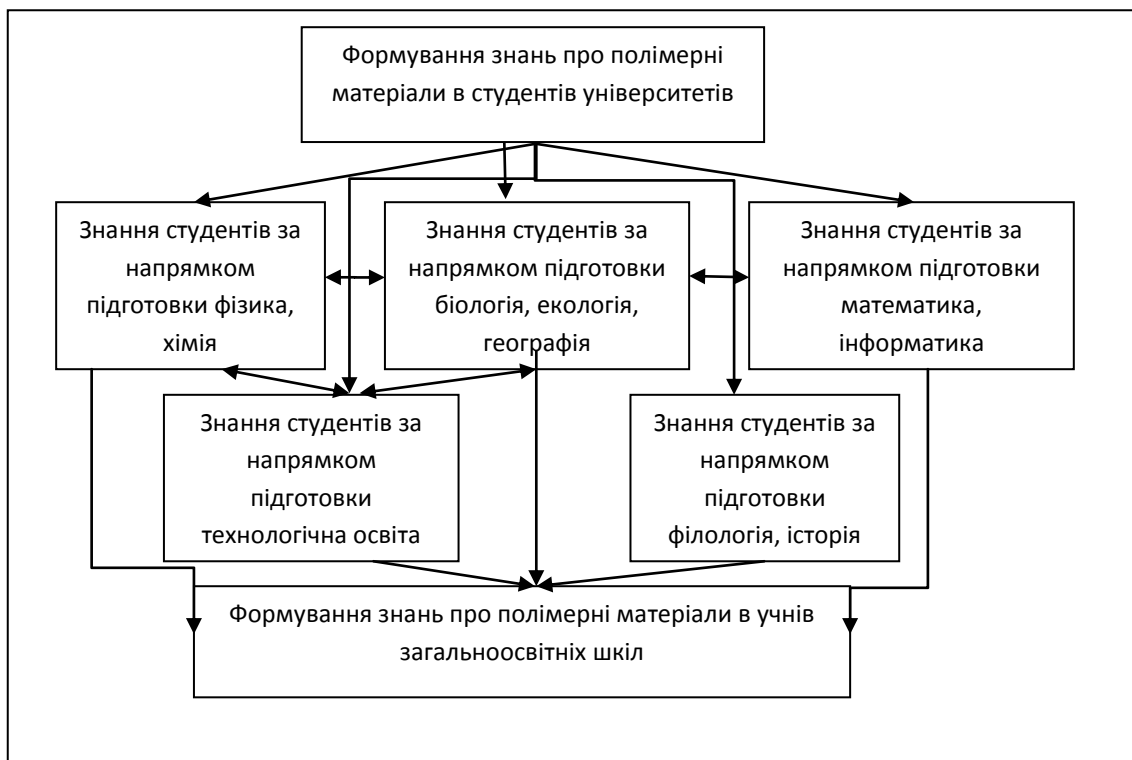
практичній діяльності у загальноосвітній школі. Для успішного засвоєння таких курсів студенти повинні мати ґрунтовну підготовку з курсів загальної і теоретичної фізики, фізичної, колоїдної та органічної хімії, математики й інформатики. Методологічну основу таких спецкурсів складають: філософські положення теорії пізнання, теорії систем, загальнонаукові принципи системного підходу й елементи системного аналізу, діалектична теорія про загальний зв'язок, взаємозумовленість і цілісність явищ об'єктивної дійсності, положення про роль неперервної освіти у формуванні професіоналізму особистості, концептуальні положення щодо професійності студентів.

Використання Web-сайтів дозволяє розв'язати значну кількість освітніх завдань, зокрема, подання інформації для студентів про макромолекулярні системи та їх властивості, викладачів, наукових співробітників кафедр, які їх вивчають та досліджують; ознайомлення з методичними підходами, педагогічними концепціями, навчальними планами, щодо вивчення і формування знань про полімерні матеріали у студентів фізико-математичних та інших природничих спеціальностей вузів педагогічного спрямування; поповнення власних електронних бібліотек матеріалами монографій, дисертацій, магістерських та бакалаврських робіт, підручників, навчальних посібників, практикумів, наукових та науково-методичних статей з проблем фізико-хімії полімерів; участь в роботі міжнародних всеукраїнських інтернет-конференцій з високомолекулярних сполук. Важливим елементом впровадження і застосування інформаційно-комп'ютерних технологій є створення студентами, викладачами візуальних моделей полімерів, процесів і явищ, що відбуваються в макромолекулярних системах.

Впровадження в навчально-виховний процес інформаційно-комп'ютерних технологій при вивченні полімерних матеріалів дозволяє розвивати гібридний інтелект студентів, викладачів як адаптивну систему інформаційної взаємодії; формувати у майбутніх педагогів-дослідників навички й уміння пошуку інформації сучасних досліджень у галузі фізики полімерів, комп'ютерного моделювання фізичних процесів в макромолекулярних системах.

При синергетичних підходах до формування знань про полімери у майбутніх педагогів слід враховувати зворотній зв'язок як систему сукупності знань про високомолекулярні сполуки в учнів загальноосвітніх шкіл.

Відповідно до такого аналізу пропонується синергетична модель формування знань про полімерні матеріали, їх властивості та галузі застосування у студентів педагогічних університетів.



### Література

1. Хакен Г. Синергетика / Г.Хакен. – Москва: Мир, 1980. – 414с.
2. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. – Москва.: Мир, 1977. – 512 с.
3. Бордюк М. Технологія вивчення природознавства студентами гуманітарних спеціальностей вищих навчальних закладів / Бордюк М., Бордюк Н., Шевчук Т. // Нова педагогічна думка. – 2008. – №1. – С. 55-58.
4. Бордюк М. Формування знань про полімерні матеріали в майбутніх вчителів фізики на принципах дидактики / Бордюк М., Шевчук Т., Бордюк Н. // Нова педагогічна думка. – 2011. – № 4 (68). – С. 110-120.
5. Бордюк М.А. Фізика полімерів. Спеціальний курс. Практикум. Програми: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Бордюк М.А., Шевчук Т.М., Колупасв Б.С. – Рівне: О Зень, 2014. – 280 с.

#### **Шевчук Т.М. Синергетична модель формування знань про макромолекулярні системи у студентів вищих навчальних педагогічних закладів**

**Анотація.** На принципах синергетики аналізується формування знань про полімери у майбутніх вчителів.

**Ключові слова:** синергетика, знання, наука, полімер, освіта, навчання, фахівець.

#### **Shevchuk T.N Synergetic model of knowledge of macromolecular systems in university students educational institutions**

**Abstract.** On the principles of synergy analyses the creation of knowledge about the polymers of the future teachers.

**Key words:** synergetics, knowledge, science, polymer, education, training, specialist.



**Яровенко А.Г.**  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри математикита інформатики,  
Вінницький державний педагогічний  
університет імені Михайла Коцюбинського,  
м. Вінниця, Україна  
*yar\_vdpu@ukr.net*

## **ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

В результаті багаторічних досліджень провідних вчених визначено професійну компетентність фахівця як ієрархічну систему компетенцій, рівні якої складають ключові, загально-галузеві (загально-професійні) та предметно-галузеві (спеціально-професійні) компетенції. Особливе місце в цій ієрархічній структурі належить компетенції з моделювання, оскільки вона є неодмінною складовою професійної компетентності фахівців практично всіх напрямів підготовки.

Сутність методології моделювання полягає в заміні об'єкта, що досліджується, його образом (моделлю) і подальшим вивченням моделі як аналітичними методами математики, так і за допомогою комп'ютерного (обчислювального) експерименту. Моделі, з однієї сторони, є продуктом вивчення властивостей відповідних об'єктів (предметів, систем, процесів та явищ) предметної області, з іншої – служать інструментом для поглиблення знань про них, а також розв'язування різноманітних прикладних задач.

На жаль доводиться констатувати, що проблемі формування у сучасних фахівців компетенції з моделювання приділяється мало уваги.

Вказана компетенція має формуватися в процесі вивчення як фундаментальних (фізико-математичних та інформатичних) так і спеціальних дисциплін. Оскільки вміння і навички побудови і дослідження моделей важливі для всіх спеціальних дисциплін професійної підготовки і мають використовувати знання з цих дисциплін, то логічно (і природно) було б передбачити розгляд конкретних математичних моделей і основних понять математичного моделювання у навчальних програмах цих дисциплін. Але на практиці це далеко не так. Недостатньо, або й зовсім не розглядаються ці питання в навчальних курсах, присвячених застосуванню сучасних комп'ютерних технологій, методів та засобів для розв'язання фахових задач.

Переважає більшість наукової та навчально-методичної літератури, в якій розглядаються питання моделювання об'єктів, присвячена моделюванню технічних систем. Серед невеликої кількості робіт, присвячених власне моделюванню та побудові моделей, можна виділити навчальні посібники [1,2] та вже класичні праці О. Самарського [3] і А. Мишкіса [4].

Метою даної роботи є розгляд питань побудови інформаційної моделі об'єкта, досліджуваного в навчальній (фаховій) задачі та її використання в процесі розв'язування такої задачі.

В літературі, особливо в навчально-методичній, приводиться багато означень терміну «об'єкт», які, претендуючи на оригінальність та загальність, звужують рамки визначення терміну, порушуючи власне загальність цього терміну. Наприклад, «Об'єкт – це будь-який реальний процес, явище чи ефект, який існує поза нашою свідомістю і є предметом теоретичного вивчення чи практичної діяльності». Очевидно, що обмеження категорії «об'єкт» тільки реальними чи уявними, природними чи штучними об'єктами (предметами, процесами, явищами) є недопустимим. Коректним буде певне обмеження визначення терміну «об'єкт» в сенсі його уточнення чи деталізації в конкретній предметній області. Наприклад: Об'єкт в програмуванні – це деяка сутність у віртуальному просторі,

яка характеризується певним станом і поведінкою, має задані значення властивостей (атрибутів) та операцій над ними (методів).

Під об'єктом дослідження (об'єктом-оригіналом) будемо розуміти окремий елемент чи систему, процес, явище або ефект в предметній області, поведінка якого досліджується (вивчається) з метою виявлення його основних властивостей та закономірностей чи особливостей функціонування.

Формально об'єкт дослідження можна подати у виді сукупності даних, які описують його властивості, стани, процес функціонування (поведінку) та утворюють множини незалежних та залежних змінних, які в загальному випадку не перетинаються. В будь-який момент часу стан об'єкта визначається значеннями його параметрів, а сукупність станів об'єкта утворює множину станів. Поведінка (процес функціонування) об'єкта описується деяким оператором, який в загальному випадку може бути заданий у виді функції, функціоналу, логічних умов, в алгоритмічній чи табличній формі, у виді словесного правила відповідності.

Дослідження певного об'єкту має на меті встановлення його природи, структури та властивостей, закономірностей та особливостей його еволюції і функціонування.

Основною задачею наукового дослідження є не вивчення лише одного, окремого об'єкту, але перенесення здобутих знань на всю множину подібних об'єктів. Таку множину об'єктів, на яку можуть бути розповсюджені результати одиничного дослідження, визначає теорія подібності, фундаментальними поняттями якої є поняття аналогії та подібності.

Для створення моделі об'єкту, яка з достатньою точністю характеризуватиме реальний об'єкт, необхідно навчитися збирати, правильно подавати й потім опрацьовувати дані про нього.

Часто для вивчення об'єкта достатньо мати необхідну інформацію про нього, подану у відповідній формі. В цьому випадку говорять про інформаційну модель об'єкта дослідження (ІМОД), яку визначимо наступним чином: ІМОД – це сукупність даних про досліджуваний в задачі об'єкт, які характеризують його найбільш істотні властивості і стани, принципово важливі для задачі, що розв'язується, і достатні для отримання її розв'язку.

Відомо, що процедура побудови моделі в загальному випадку не формалізована. В переважній більшості літературних джерел виділяються тільки узагальненні етапи моделювання, що є недостатнім для формування вмінь і навичок студентів. В даній роботі пропонується до розгляду схема побудови інформаційної моделі досліджуваних об'єктів.

Вміння і навички побудови інформаційної моделі об'єкта дослідження є фундаментом компетенції з моделювання, яка є невід'ємною складовою професійної компетентності сучасного фахівця.

#### Література

1. Введение в математическое моделирование. Учеб. пособ. / Под ред. П.В. Трусова. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
2. Станжицький О.М. Основи математичного моделювання: Навч. посіб. / О.М. Станжицький, С.Ю. Таран, Л.Д. Гординський. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 96 с.
3. Самарский А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.
4. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей / А.Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.

#### **Яровенко А.Г. Інформаційне моделювання у викладанні фізико-математичних дисциплін.**

**Анотація.** Робота присвячена розгляду питань формування компетенції з інформаційного моделювання як складової професійної компетентності. Пропонується схема побудови інформаційної моделі об'єкта дослідження та аналізується можливість її використання в розв'язуванні фахових задач.

**Ключові слова:** компетенція, компетентність, задача, об'єкт дослідження, моделювання, інформаційна модель.

#### **Yarovenko A.G. Information modeling in the teaching of physical-mathematical sciences.**

**Abstract.** The work is devoted to consideration of the issues forming the competence of information modeling as part of professional competence. The proposed scheme of building information model objects of research and analyzed the possibility of its use in solving a professional tasks.

**Key words:** competence, task, the object of research, modeling, information model.

**Яровенко А.Г.**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри математикита інформатики,

**Тимошенко О.З.**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри математикита інформатики,

Вінницький державний педагогічний  
університет імені Михайла Коцюбинського,

м. Вінниця, Україна

yar\_vdpu@ukr.net

## **ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ІНТЕРАКТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

Окремої уваги в процесі вдосконалення підготовки фахівців нової формації заслуговує розробка та впровадження нових засобів навчання, що визначається, в першу чергу, загальним розвитком комп'ютерної техніки. Комплексне використання програмно-апаратних засобів дозволяє інтенсифікувати навчальний-пізнавальний процес, наповнити його новим змістом, стимулювати мотивацію та самовдосконалення студентів, підвищити якість та ефективність навчання.

Реалізація діяльнісно-компетентнісного підходу в підготовці спеціаліста з математики (інформатики) сьогодні неможлива без використання пакетів прикладних програм професійного спрямування – систем комп'ютерної математики (СКМ) [1].

Метою даної роботи є розгляд питань застосування засобів інтерактивних обчислень в сучасних СКМ в процесі професійної підготовки фахівців фізико-математичного напрямку з метою підвищення ефективності формування їх ключових та предметно-галузевих компетенцій.

Серед великої кількості пакетів прикладних програм професійного спрямування виділимо універсальні СКМ WolframMathematica, Maxima, Maple, MatLab, MathCAD. Кожна із вказаних систем включає засоби символічних та/або наближених обчислень, візуалізації результатів, підготовки вхідних даних у вигляді файлів, підсистеми для створення і розширення спеціалізованих бібліотек для розв'язання різноманітних задач наукового та навчального призначення. Використання вказаних СКМ в навчальному процесі є надзвичайно актуальним і перспективним, але, не зважаючи на різноманітні акції для навчальних закладів, вартість цих систем робить їх недоступними для більшості студентів. Саме тому стає надзвичайно актуальним використання засобів інтерактивних обчислень в середовищі сучасних СКМ.

Сьогодні швидко розвивається і стає все більш поширеною послуга on-line обчислень на спеціалізованих Інтернет-серверах. Підключення комп'ютерів навчальних закладів до глобальної мережі Інтернет і/або до корпоративної мережі Інтранет дозволяє не тільки користуватись інтерактивними довідниками, підручниками, посібниками, іншими навчально-методичними та інформаційними матеріалами, але й виконувати інтерактивні обчислення. Часто такі обчислення виконуються на потужних комп'ютерах з розпаралелюванням обчислювальних операцій, що забезпечує високу швидкість обчислень.

Серед переваг нової технології обчислень з використанням інтерактивних засобів необхідновідзначити:

– немає необхідності купувати та інстальовати дорогі програмні засоби на комп'ютері кінцевого користувача – достатньо підключити комп'ютер до Інтернету і звернутись до обчислювального серверу через браузер MicrosoftInternetExplorer (версії 5.5 і вище) або інший;

- можливість доповнювати систему специфічними функціями для розв'язування задач в конкретній області науки;
- виконані обчислення (методики обчислень) дуже просто опублікувати в Інтернет чи в Інтранет для інтерактивного використання.

Інтерактивні обчислення в середовищі однієї з найпотужніших і найпопулярніших (більше 1,8 млн. легальних користувачів) системи MathCAD виконуються з використанням технології MAS/MCS (MathCADApplicationServer/MathCADCalculationServer). Спеціалізований сервер MAS, розроблений компанією Mathsoft, забезпечує доступ до інтерактивних матеріалів та розрахунків за допомогою стандартного програмного забезпечення, не вимагаючи інсталяції додаткових програм чи модулів. Маючи велику кількість вбудованих функцій, MAS дозволяє розв'язувати широкий спектр прикладних задач та отримувати чисельні (наближені), символні і/або графічні результати.

Один з відомих Інтернет-проектів інтерактивних обчислень в системі MathCAD підтримується освітнім математичним сайтом Exponenta.ru спільно з Санкт-Петербурзьким державним політехнічним університетом і надає користувачеві можливість виконання інтерактивних обчислень в таких розділах математики як математичний аналіз, лінійна алгебра, чисельні методи та математична статистика [2].

Інший відомий Інтернет-проект інтерактивних обчислень в системі MathCAD підтримується Московським енергетичним інститутом і ТОВ «Триєру» і [3]. На цьому обчислювальному сервері користувач має змогу розв'язувати як задачі з окремих розділів математики (математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь і систем, теорії ймовірностей і статистики), так і задачі економіки, тепло - та електроенергетики, будівництва, аналітичної хімії та інші.

Крім того на сайтах вказаних проектів розміщено велику кількість методичних та довідкових матеріалів, варіанти завдань для самостійного виконання, тести для самоперевірки.

**Висновки.** Ефективність формування фахової компетентності в процесі математичної підготовки студентів ВНЗ може бути істотно підвищена завдяки використанню пакетів прикладних програм професійного спрямування – систем комп'ютерної математики.

#### Література

1. Дьяконов В.П. Компьютерная математика / В.П. Дьяконов // Статьи Соросовского Образовательного журнала, 2001/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1161.html>.
2. Освітній математичний сайт Exponenta.ru / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mas.exponenta.ru/about/>.
3. Офіційний сайт ТОВ «Триєру» / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>

**Яровенко А.Г., Тимошенко О.З. Використання сервісів інтерактивних обчислень у викладанні математичних дисциплін.**

**Анотація.** В роботі розглядаються питання застосування систем комп'ютерної математики в процесі математичної підготовки студентів з метою підвищення ефективності формування їх фахової компетентності.

**Ключові слова:** компетентність, компетенція, програма, математика, система комп'ютерної математики, Інтернет, інтерактивні обчислення.

**Yarovenko A.G., Timoshenko O.Z. The use of the services of interactive computing in the teaching of mathematical disciplines.**

**Abstract.** In this work deals with using computer mathematics systems in the process of teaching mathematics that aims at effective forming of their professional competence.

**Key words:** competence, program, mathematics, computer mathematics system, Internet, interactive computing.

**Тематичний напрям**

**Сучасні комп'ютерні  
технології в освіті і науці**

**Секція III**

**Войтович І.С.,**  
доктор педагогічних наук, професор,  
в.о. завідувача кафедри комп'ютерної  
інженерії та освітніх вимірювань,  
Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова,  
м. Київ, Україна  
*i.s.voytovych@npu.edu.ua*

## **ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ МУЗЕЮ ПРИРОДИ, НАУКИ І ТЕХНІКИ**

Музей – це науково-дослідницька і, водночас, науково-освітня установа, яка виконує на основі експонатів функції документування, освіти і виховання. Соціальні функції музею реалізуються в процесі комплектування, обліку, зберігання, вивчення, експонування і пропаганди музейних заходів та експонатів. Поряд із державними музеями функціонує велика кількість музеїв на громадських засадах. Музеї на громадських засадах, як і державні музеї, можуть мати різний профіль: краєзнавчий, історичний, природничий, літературний, художній та ін.

Різновидністю громадських музеїв є музеї у навчальних закладах. Особливістю таких музеїв є те, що вони комплектуються, створюють експозиції і використовують їх відповідно до навчально-педагогічних і виховних завдань навчального закладу. Кращі музеї функціонують як навчально-методичні центри і лабораторії, що відкривають значні можливості підвищення ефективності навчально-виховного процесу. Важливу роль при цьому відіграє самостійна навчально-пізнавальна діяльність учнів та студентів.

Навколо такого музею розгортається діяльність наукових гуртків, що працюють за певними напрямками пошуково-дослідницької роботи. Діяльність музею сприяє правильному вибору тем і напрямів науково-дослідницької та пізнавальної роботи. Специфіка пізнавального процесу в музеї виявляється в тому, що вже відомі події і явища підкріплюються задокументованими музейними експонатами. Наочність не тільки стимулює спостережливість, а й сприяє формуванню навичок предметного сприймання, коли спираються на вивчення конкретного експоната. Безпосередній контакт з музейним експонатом викликає почуття особистої причетності, і в результаті емоційної реакції, що виникає, підсилюється образне уявлення про ці події і явища.

До основного фонду входить зібрання музейних предметів відповідно до профілю музею. Музейні предмети класифікують за типами музейних джерел:

– речові джерела, до яких належать знаряддя праці, продукція видобутку і виробництва, зброя і військова атрибутика, предмети побуту, твори декоративно-прикладного мистецтва та ін.;

– зображувальні джерела, що включають твори мистецтва (живопис, графіка, гравюра, скульптура та ін.), які виконані в різних жанрах і в різній техніці;

– письмові джерела, що містять рукописні і друковані документи, книжки, періодичні видання тощо;

– кіно- і фотоджерела (діапозитиви, кіноплівки, звукозаписи та ін.), в яких зафіксовано різні події і явища природи.

Застосування музею природи, науки і техніки:

- екскурсії з можливістю спробувати працювати з експонатами;
- уроки, лекції, практичні, лабораторні заняття;
- гурткові, факультативні заняття;
- самостійна робота учнів (студентів);
- навчально-виробнича практика учнів (студентів);
- ігрові кімнати;
- відеозал з науково-популярними фільмами;
- сайт музею з віртуальною експозицією;
- наукове кафе;
- проведення наукових заходів.

Створення такого музею на базі лабораторій фізико-математичного факультету та факультету інформатики сприятиме розвитку пізнавального інтересу учнів (майбутніх вступників) та студентів до природних явищ, науки, техніки та наук, що їх вивчають.

#### **Войтович І.С. Перспективи створення музею природи, науки і техніки.**

**Анотація.** У публікації розкрито роль музею природи, науки і техніки для пошуково-дослідницької роботи учнів. Показано, що безпосередній контакт з музейними експонатами покращує розуміння фізичних явищ і процесів. Розкрито застосування музею природи, науки і техніки для навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності учнів.

**Ключові слова:** музей природи, науки і техніки, фізичне явище, фізичний процес, навчально-пізнавальна діяльність, науково-дослідницька діяльність.

#### **Voytovych I.S. Prospects for creating a museum of nature, science and technology.**

**Abstract.** The publication reveals the role of the museum of nature, science and technology for search and research work of students. It is shown that direct contact with the museum exhibits improved understanding of physical phenomena and processes. Museum of Nature reveals the use of science and technology for teaching and learning and research activities of students.

**Key words:** Museum of Nature, science and technology, physical phenomena, physical processes, training and educational activities, research activities.

**Воеводин С.В.**,  
старший преподаватель кафедры  
микроэлектроники НТУУ «КПИ»,  
г. Киев, Украина,  
vsv1012@mail.ru

## **НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА**

### **Введение**

Значительные изменения, происходящие в глобальной структуре образования, влекут за собой пересмотр многих устоявшихся подходов в педагогике. Новые требования к образованию предполагают:

Широкое использование новых образовательных технологий.

Разнообразие форм мультимедийного контента.

Компьютеризацию лабораторного практикума.

Непрерывный контроль качества учебного процесса.

Использование системы педагогических измерений.

Рациональный выбор образовательных траекторий среди обилия технических и методических возможностей уже затруднительно сделать без наличия системного научного подхода к проектированию учебного процесса. Востребован преподаватель с развитым проективно-конструкторским мышлением.

Класно-урочная форма обучения, выполнив свою историческую миссию, **уступает место новым образовательным технологиям и компьютерной дидактике**. К этому привели значительные изменения [4]:

- в способах хранения, передачи, обработки информации,
- в технологиях коммуникации,
- в актуальности запроса на непрерывное обучение.

### **Новые образовательные технологии**

Традиционное сочетание лекций, практических занятий и лабораторных работ может уступить место системе комбинированных занятий с высокой степенью интерактивности и взаимодействия студента и преподавателя. К Новым образовательным технологиям можно отнести:

- 1.1. Средства дистанционного обучения
- 1.2. Среды имитационного моделирования (симуляторы)
- 1.3. Среды виртуальной реальности
- 1.4. Смешанное обучение (Blended Learning)
- 1.5. m-Learning – Мобильное обучение
- 1.6. MOOC, Coursera, SPOC, MOOL – Массовые и частные открытые онлайн-курсы, лаборатории
- 1.7. CDIO – задумай, разработай, изготовь, используй (Инициатива МТИ)
- 1.8. BYOD – Принеси свое собственное устройство
- 1.9. Сетевые Академии (на примере компании Cisco Systems)
- 1.10. Методики: Проблемное обучение, геймификация

Использование новых образовательных технологий должно способствовать:

- минимизации непродуктивных потерь времени;
- обеспечению максимальной наглядности учебного процесса, в т.ч. показом изображений, интерактивной анимации, видео, работой с симуляторами, виртуальными измерительными приборами;
- уменьшению нагрузки на преподавателя и студента при сохранении высокой эффективности учебного процесса;



- сокращению сроков изучения ряда дисциплин без потери качества.
- облегчению сохранения и трансфера педагогических разработок, выполненных в формате Электронного Образовательного Ресурса (ЭОР) [1];
  - настройке самотестирования, оценки студентом своего продвижения в учёбе.
  - переходу от массового обучения к появлению элементов персонализированного и индивидуального обучения.

### **Коренная модернизация лабораторного практикума**

Выполнение лабораторных работ является важным педагогическим приемом в преподавании естественнонаучных дисциплин. Манипулирование материальными объектами помогает развить у студента ассоциативные связи, необходимые для глубокого понимания изучаемого предмета, способствует связи абстрактного и предметного мышления, формированию начальных навыков и умений будущих инженеров и учёных. Эффективность лабораторного практикума в значительной степени зависит от его приборной базы. С проблемами лабораторного оборудования и методик исследований столкнулись как ведущие исследовательские центры, так и учебные лаборатории ВУЗов и школ. [2]

Задача обновления лабораторного оборудования учебного заведения должна соответствовать целям учебного процесса. **Необходимо не просто заменить старые приборы на новые, а создать оснащённую технологиями обучающую среду, ориентированную на результат.** В ходе модернизации лабораторного практикума по твердотельной электронике удалось успешно использовать следующие приёмы:

1. Замена макетных плат бредбордами (макетными коннекторами)
2. Программная обработка данных лабораторных измерений (Origin, Excel).
3. Оснащение веб-камерой прибора «Измеритель характеристик ППП» (Л2-56)
4. Использование инженерной среды разработки / обучения (схемный симулятор – плюс система разводки и конструирования печатных плат). Слайды и видеоматериалы по работе с NI Multisim + NI Ultiboard демонстрируются в ходе доклада. Издан учебник «Компьютерная схемотехника: практикум», К. КНЭУ 2009) [5]

5. Использование инструментов дистанционного обучения (MOODLE).

6. Использование виртуальных измерительных приборов

6.1 NI LabVIEW и лабораторная платформа NI ELVIS II Проводятся занятия по Твердотельной электронике (Исследование полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров). Демонстрация работы «Исследование полупроводниковых диодов» на лабораторной платформе NI ELVIS II проводится во время доклада.

### **Выводы**

Использование Новых образовательных технологий в сочетании с модернизацией лабораторного практикума позволяет значительно повысить эффективность учебного процесса, шире использовать систему педагогических измерений. Особое место в новом лабораторном практикуме занимают виртуальные измерительные приборы в среде NI LabVIEW. Среда NI LabVIEW, изначально ориентированная на профессиональную деятельность, удачно встраивается в учебный процесс, позволяет в условиях лабораторного физического эксперимента:

- реализовывать дидактические сценарии, недоступные без виртуальных измерительных приборов;
- сокращать время эксперимента за счёт автоматизации рутинных действий;
- формировать цифровые массивы экспериментальных данных для дальнейшего использования;
- встраивать в эксперимент процедуры педагогических измерений, они становятся технологичными и оперативными.

Программно-аппаратный комплекс NI LabVIEW позволяет, работая с реальными объектами, отображать и обрабатывать данные измерений в компьютере. Студент в лаборатории может за короткое время творчески проверить, осмыслить и усвоить важные закономерности, ассоциативно связать реальный объект и его модельные представления.[3] Лабораторные работы в среде NI LabVIEW переходят в разряд исследовательских (Рис.1, 2).

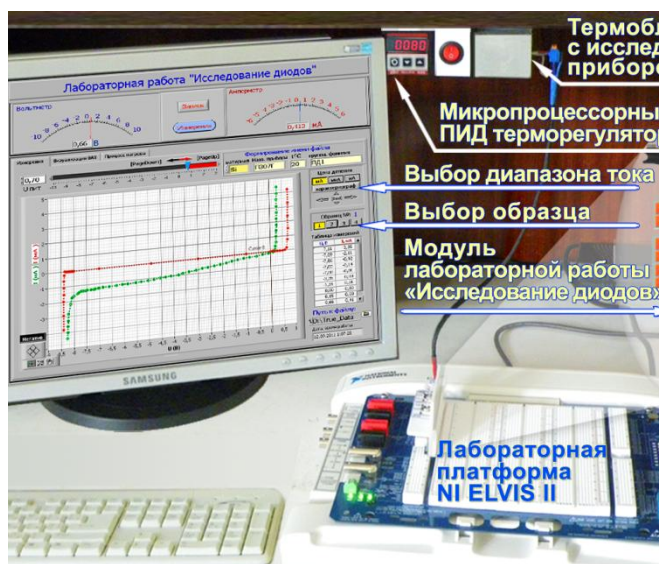


Рис.1. Лабораторный стенд с платформой NI ELVIS II для исследования полупроводниковых приборов

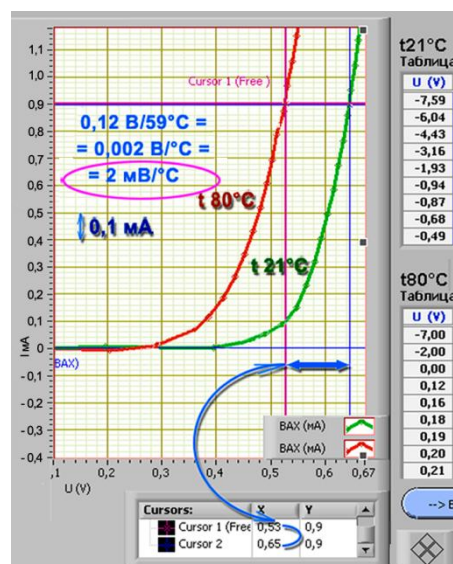


Рис.2. Измерение температурного дрейфа напряжения открытия p-n перехода

### Литература

1. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В. LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике, — М.: ДМК Пресс, 2005. — 182 с. ISBN ISBN 5-94074-204-1.

2. Воеводін С.В., Віртуальні вимірювальні прилади у лабораторному практикумі з твердотільної електроніки Комп'ютер у школі та сім'ї, 31-353. Лапінський В.В., Воеводін С.В., Лабораторний практикум у середовищі NI LabVIEW, комп'ютер у школі та сім'ї, 29 -334. Мараховський Л.Ф., Борисов О.В., Воеводін С.В., Нові освітні технології. Забезпечення якості освітньої діяльності : стан, проблеми та перспективи: Матеріали міжвузівської науково-методичної конференції (23.11.2016) / . - К. : Редакційно-видавничий відділ Державного економіко-технологічного університету транспорту, 2016. – 143 с. (с.87-89)

5. Мараховський Л.Ф., Воеводін С.В., Міхно Н.Л., Шарапов О.Д., Комп'ютерна схемотехніка: практикум, – К. :КНЕУ, 2009, – 245 с. ISBN978-966-483-255-4.

**Воеводін С.В.** Новые образовательные технологии. Модернизация лабораторного практикума.

**Аннотация.** Новые образовательные технологии, характеризующиеся высокой компьютеризацией учебного процесса затронули и лабораторный практикум по естественно-научным дисциплинам. Виртуальные измерительные приборы, сконструированные и функционирующие в среде LabVIEW, позволяют не только успешно заменить ряд ранее использовавшихся обычных приборов, таких как вольтметр, амперметр, характериограф, но и реализовывать дидактические сценарии, нацеленные на повышение эффективности учебного процесса.

**Ключевые слова:** Новые образовательные технологии, Виртуальные измерительные приборы.

**Sergey Voevodin. New Education Technologies. Modernisation of WorkShop.**

**Abstract.** The new educational technologies which are characterized by a high computerization of educational process mentioned also a laboratory workshop on naturallyscientific disciplines. The virtual measuring apparatuses designed and functioning in the environment of LabVIEW allow not only to replace successfully a number of earlier used ordinary devices, such as voltmeter, ampermeter, harakteriograf, but also to realize the didactic scenarios aimed at increase in effectiveness of educational process.

**Key words:** new education technologies, Virtual Instruments.

**Гнедко Н.М.,**  
кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри  
інформаційно-комунікаційних технологій  
та методики викладання інформатики,  
**Рівненський державний гуманітарний університет**  
м. Рівне, Україна  
*gnedko.nata.rdgu@gmail.com*

## **ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ЗАСІБ САМООСВІТИ ПЕДАГОГІВ**

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій призвів до того, що сучасному педагогу недостатньо застосовувати традиційні технології навчання, а необхідно знати й оптимально використовувати можливості Інтернету для професійної діяльності та самоосвіти, інноваційні педагогічні технології, орієнтуватися в педагогічних мережних співтовариствах. Реалізація вище переліченого можлива за умови використання хмарних технологій.

Хмара – це деякий центр, сервер або їх мережа, де зберігаються дані та програми, що з'єднуються з користувачами через Інтернет [3].

Хмарні технології – це технологія обробки даних, у якій доступ до комп'ютерних ресурсів сервера і використання програмного забезпечення надається користувачеві як Інтернет-сервіс. Загальними перевагами для всіх користувачів хмарних технологій є [9, с. 62]:

- використання програм без їх установки;
- на основі «хмари» забезпечується мережний доступ та управління програмним забезпеченням та сервісами з наявністю Інтернету – а це означає доступ будь-де та будь-коли;
- гнучкий розподіл ресурсів;
- у міру зміни потреб послуги у «хмарі» можуть швидко розростатися;
- велика кількість користувачів розділяє незалежні від місця розташування ресурси та витрати у екологічно-збалансований спосіб.

Педагоги можуть використовувати хмарні технології на уроках, в позакласній діяльності, дистанційному навчанні та методичній роботі. При цьому реалізуються певні задачі: оптимізація часу навчального процесу, отримання оперативної інформації, миттєва комунікація із колегами або учнями та студентами, поширення власного досвіду, підвищення кваліфікації, ознайомлення із передовим педагогічним досвідом, активізація професійної мотивації, формування механізмів почуттєвого пізнання, інтеграція освітньої та практичної спрямованості навчання; популяризація предмета (дисципліни) або своєї професійної діяльності.

Питання використання хмарних технологій в навчальному процесі розкрито у роботах Бикова В. Ю. [2], Войтовича І. С. [9], Литвинової С. Г. [5], Морзе Н. В. [7].

Наведемо приклади використання хмарних технологій як засобу самоосвіти педагогів.

**Дистанційне навчання.** Педагоги мають змогу приймати участь у вебінарах, майстер-класах, відвідуючи сайти МОН, МАН, преси («Дистанційна Академія» видавництва «Основа», «Osvita.ua» та інші) або блоги інших вчителів. Відбувається швидкий обмін досвідом, стимулюється самоосвіта та самовдосконалення педагогів.

**On-line-навчання.** У багатьох провідних університетах та школах світу на власних сайтах та інших освітніх ресурсах завантажують відеолекції, інтерактивний перелік літератури із пропозиціями масових відкритих онлайн-курсів (**МООС** [6]) на різноманітних Інтернет-платформах, створюючи банк даних із різних освітніх напрямів.

З 2009 року в Україні впроваджується науково-педагогічний проект «Дистанційне навчання школярів». В рамках науково-педагогічного проекту «Обласна електронна школа «Школа, відкрита для всіх» на порталі «Класна оцінка» вчителі по різних предметам створюють для учнів різноманітні відкриті on-line курси.

Харківська компанія «Сміт» пропонує електронні засоби навчання: віртуальні хімічні та біологічні лабораторії та підручники, що включають сучасні мультимедіа-системи. Їх можна використовувати on-line під час уроку під час вивчення нового матеріалу, як домашнє завдання для закріплення знань або при використанні методу «перегорнутого класу».

З 2014 р. Рівненський державний гуманітарний університет проводить вебінари для викладачів інших ВУЗів із метою удосконалення компетенцій професійної педагогічної діяльності за темами: «Мультимедійні засоби навчання», «Методика навчання інформатики в початковій школі», «Комп'ютерні технології в тестуванні», після закінчення яких видається сертифікат підвищення кваліфікації.

**Хмарні платформи.** В 2015 році відбувся дистанційний майстер-клас «Хмарне портфоліо педагогічної діяльності» в рамках III міжнародної освітньої On-line конференції INTEL «Нові горизонти ІКТ для сталого розвитку та освіти», в результаті якої вчителі України змогли створювати власне хмарне педагогічне портфоліо на Google диску. Навчальні матеріали необмежений час зберігаються, при роботі інформація кожної секунди запам'ятовується. Власник може за бажанням відкрити доступ до перегляду або спільної роботи іншим користувачам.

Хмарна платформа Google Apps Education Edition пропонує такі сервіси [4, с. 90]:

– Електронна пошта Gmail – повнофункціональний поштовий клієнт із обміном миттєвими повідомленнями, голосовим і відеочатом, мобільним доступом, захищений від спаму та вірусів. Повідомлення відображаються у хронологічному порядку разом із вихідним повідомленням, що дозволяє їх відслідковувати та здійснювати обговорення в одному місці.

– Календар Google – це web-інструмент керування й планування різноманітних студентських або кафедральних заходів, наукових проєктів, розкладу занять і консультацій тощо.

– Групи Google – інструмент керування й групової роботи у науковому проєкті або дослідженні на основі модерованих форумів і списків розсилок.

– Google Docs – сервіс для створення документів, таблиць, презентацій з можливістю надання прав спільного доступу декільком користувачам. Документи Google дозволяють студентам і викладачам віддалено працювати над загальними документами й проєктами, а викладачам контролювати й управляти цією роботою. Документи Google являють собою online-офіс, який містить у собі повноцінні інструменти для створення текстових документів, електронних таблиць, наочних засобів, pdf-файлів і презентацій, а також їх спільного використання й публікації в Інтернеті.

– Сервіс Сайти Google – це конструктор сайтів з можливістю публікації відео, зображень, документів. Ціль сервісу – організувати єдиний Інтернет-простір, де користувачі будуть ділитися інформацією, додавати на сайт різноманітну інформацію – календарі, відео, зображення, документи та ін.; визначати параметри доступу до сайту.

– Google Відео – сервіс, що сполучає відеохостинг користувацьких відеороликів та пошукову систему по ним. За допомогою цього сервісу відеоролики можна безпечно розміщувати та переглядати.

– Диск Google – сховище зберігання власних файлів та можливість налаштування прав доступу до них.

**Ведення блогу (відеоблогу).** Блог (web-щоденник) [1] – це сайт, який є стрічкою записів (постів), які постійно доповнюються, сортуються за часом та датами. На ньому педагог може розміщувати навчальні матеріали (текст, зображення, мультимедіа), ділитись власними ідеями та досвідом, збирати інформацію, анкетувати учнів (студентів) або батьків,

виконувати контроль знань, організувати проектну діяльність. Оскільки відвідувачі мають змогу залишати власні коментарі, тому блог можна вважати інтерактивним середовищем спілкування учнів (студентів) із вчителем (викладачем). Крім того, педагог може знімати навчальне відео і викладати його як в своєму блозі, так і на YouTube.

**Метод «Перегорнутий клас»** [8] – це зворотній метод навчання, під час якого виклад нового матеріалу відбувається on-line, а закріплення матеріалу або домашнє завдання виконується в реальному класі.

**Соціальні мережі.** Соціальні мережі педагог може інтегрувати в навчання, оскільки під час роботи над довготривалими проектами в групі можна із учнями (студентами) обмінюватись інформацією для виступу, спільної роботи над проектом або створенням презентації, відповідати на запитання тощо.

Підсумковим продуктом самоосвітньої діяльності педагога можуть стати: власні розробки електронних уроків, посібників тощо; створення комплекту дидактичного матеріалу з предмета (дисципліни); створення глосарію з предметної теми, розділу; розробка навчальних проектів; створення особистої методичної веб-сторінки; укладання бази даних питань і завдань з предмета (дисципліни) тощо.

Таким чином, хмарні технології спонукають педагогів до самоосвіти та є засобом підвищення їх професійної компетентності.

#### Література

1. Алексанян Г. А. Использование облачных сервисов Яндекс при организации самостоятельной деятельности студентов СПО / Г. А. Алексанян // Педагогика: традиции и инновации (II): Материалы Междунар. науч. конф. (Челябинск, октябрь 2012 г.). – Челябинск: Два комсомольца, 2012. – С. 150-153.
2. Биков В. Ю. Хмарні технології, ІКТ-аутсорсинг і нові функції ІКТ підрозділів освітніх і наукових установ / В. Ю. Биков // Інформаційні технології в освіті. – № 10. – 2011. – С. 8-23.
3. Використання хмарних технологій як засіб стимулювання самоосвіти, самовдосконалення учнів та вчителів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://klasnashkola.eu/gim11-dniprodzerzhynsk/використання-хмарних-технологій-як/>.
4. Гнедко Н. М. Хмарні сервіси в освітньому процесі / Н. М. Гнедко // Прикладні аспекти інформаційного забезпечення та обґрунтування технічних і управлінських рішень: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Рівне: РВВ РДГУ, 2017. – С.89-91.
5. Литвинова С. Г. Хмарні технології як засіб розбудови інноваційної школи [Електронний ресурс] / С. Г. Литвинова. – [http://www.zoippo.zp.ua/pages/el\\_gurnal/pages/vip14.html](http://www.zoippo.zp.ua/pages/el_gurnal/pages/vip14.html).
6. Масові он-лайн-курси (МООС, Massive Open Online Courses). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua/abroad/glossary/37358/>.
7. Морзе Н. В. Як навчати вчителів, щоб комп'ютерні технології перестали бути дивом у навчанні? / Н. В. Морзе // Комп'ютер у школі та сім'ї. – № 6 (86). – 2010. – С. 10-14.
8. Перевернутый класс: технология обучения XXI века. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ispring.ru/elearning-insights/perevernutyi-klass-tekhnologiya-obucheniya-21-veka/>.
9. Сергієнко В. П. Перспективи використання «cloud computing» у навчальній діяльності педагогічних університетів / В. П. Сергієнко, І. С. Войтович // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2011. – №. 10. – С. 58-63.

#### **Гнедко Н.М. Використання хмарних технологій як засіб самоосвіти педагогів.**

**Анотація.** У публікації наведені перспективи використання хмарних технологій як засобу самоосвіти педагогів. Проаналізовано можливості використання хмарного сервісу Google Apps. Наведено приклади їх використання в навчальному процесі.

**Ключові слова:** хмарні технології, самоосвіта педагогів, платформа Google Apps Education Edition.

#### **Hnedko N.M. Using the cloud computing as a means of self-education teachers.**

**Abstract.** In the publication the prospects of cloud computing as a means of self-education teachers. The prospects of cloud computing such as Google Apps are analyzed. Examples of their use in training process.

**Key words:** cloud computing, self-education teachers, cloud platform Google Apps Education Edition.

**Гриб'юк О.О.,**  
кандидат педагогічних наук,  
провідний науковий співробітник,  
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання,  
Національної академії педагогічних наук України,  
м.Київ, Україна  
*olenagrybyuk@gmail.com*

**СУЧАСНІ ВИКЛИКИ STEM-ОСВІТИ: ІЗ ДОСВІДУ РОБОТИ В РАМКАХ  
ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ РОБОТИ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО РІВНЯ  
«ВАРІАТИВНІ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА  
НАВЧАННЯ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ»**

Одним із шляхів і способів вирішення проблеми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти визначається формування нового переліку засобів і обладнання для кабінетів біології, хімії, фізики, математики та інформатики, а також оснащення зазначених кабінетів сучасним навчальним обладнанням. Недостатня розробленість теоретико-методологічних проблем щодо організаційних форм, моделей та ресурсного забезпечення комп'ютерно-орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу в старшій школі не дозволяє ґрунтовно реалізувати на практиці проблемні завдання.

Формування єдиного освітнього простору загальноосвітніх навчальних закладів ХХІ століття направлено на поліпшення якості освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства та конкурентоспроможної економіки [3]. Досягти цієї мети можна за умови створення освітніх інформаційних електронних ресурсів, оволодіння педагогами інформаційно-комунікаційними технологіями, підготовки учнів до використання інформаційно-комунікаційних технологій у вирішенні життєвих практичних завдань, забезпечення доступу до якісної освіти через впровадження дистанційного навчання, розвиток освітніх порталів, забезпечення комп'ютерним та комунікаційним обладнанням загальноосвітніх навчальних закладів.

Актуальність зазначеної дослідно-експериментальної роботи визначається потребою у розробці нового напрямку прикладних досліджень, а саме, використання варіативних моделей комп'ютерно-орієнтованого середовища навчання шкільних предметів природничо-математичного циклу в навчально-виховному процесі, управлінській діяльності та поширенні методики навчання в системі загальної середньої освіти.

Ефективність впровадження курсів STEM–робототехніки та практичне використання учнями знань даного навчального курсу задля розроблення та впровадження інновацій в життєдіяльності слугували підґрунтям для визначення тематики проектно-дослідницької діяльності в рамках проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського за темою «Варіативні моделі комп'ютерно-орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу в загальноосвітньому навчальному закладі».

Сутність проектно-дослідницької діяльності полягає також в розробленні відповідних розділів та модулів навчальних предметів, що містять розділ «STEM–робототехніка» та навчально-методичних матеріалів для учнів та вчителів [6], [9], [11]. Кінцевий остаточний результат проекту – успішне впровадження STEM–робототехніки в навчально-виховний процес та освітні середовища навчальних закладів.

Безперечно, за умови формування системи міжпредметних та метапредметних, в тому числі дослідницьких, компетентностей в області робототехніки учні зможуть самостійно формулювати цілі, проектувати шляхи їх реалізації, ефективно послуговуватися в своїй роботі методами збирання та накопичення даних, технологіями їх осмислення та опрацювання, практичного використання, формулювати висновки.

В процесі роботи ставилися наступні завдання:

1. Вивчення основ Lego–конструювання та програмування.
2. Здійснення ґрунтового аналізу шляхів впровадження STEM–робототехніки в освітній простір навчального закладу та добір оптимальних шляхів.
3. Розроблення метапредметного курсу «STEM–робототехніка в школі» та його апробація в навчально-виховному процесі та позашкільній діяльності.
4. Узагальнення та поширення досвіду щодо впровадження та використання STEM–робототехніки в навчально-виховному процесі та позашкільній діяльності.

Напрями використання STEM–робототехніки в процесі навчання фізики пропонуються нижче:

1. Демонстрації;
2. Фронтальні лабораторні роботи та досліди;
3. Проектно-дослідницька діяльність.

Діяльність в пропонованих напрямках відповідає програмі з фізики для основної школи. Впроваджуючи STEM–робототехніку в навчально-виховний процес, учитель отримує унікальну можливість досягнення відповідних цілей в процесі навчання фізики:

- Розвиток цікавості та здібностей учнів на основі передавання ним знань та досвіду пізнавальної та творчої дослідницької діяльності;
- Розуміння учнями змісту та призначення основних наукових понять і законів фізики, взаємозв'язків між ними.

Досягнення вище наведених цілей забезпечується вирішенням таких завдань:

- Знайомство учнів з методом наукового пізнання;
- Набуття учнями знань про фізичні явища та фізичні величини, що характеризують явища;
- Засвоєння учнями таких загально наукових понять, як емпірично доведений факт, проблема, гіпотеза, теоретичний висновок, результат експериментальної перевірки.

Особистісні результати учнів в процесі навчання фізики з використанням STEM–робототехніки:

- Сформованість пізнавальних інтересів, інтелектуальних і творчих дослідницьких здібностей учнів;
- Самостійність в набутті нових знань та практичних умінь;
- Мотивація навчально-виховної діяльності школярів на основі особистісно-зорієнтованого підходу;
- Формування ціннісно-орієнтованого відношення до своїх колег (інших учнів), учителів, авторів відкриттів та винаходів, результатам навчання [8].

Метапредметні результати в контексті впровадження STEM–робототехніки в процес навчання фізики:

- Засвоєння навиками самостійного набуття нових знань, організації навчальної діяльності, постановки цілей, планування, самоконтролю та оцінювання результатів своєї діяльності, вміння передбачати можливі результати своєї діяльності та уникати можливих помилок;
- Розуміння відмінностей між вихідними фактами та гіпотезами задля їх пояснення, теоретичними моделями та реальними об'єктами, оволодіння учбовими діями на прикладі гіпотез для пояснення відомих фактів та експериментальної перевірки гіпотез, що висуваються; розроблення теоретичних моделей процесів та явищ;
- Набуття досвіду самостійного пошуку, аналізу, синтезу, добору навчальних матеріалів з педагогічно виваженим використанням інформаційно-когнітивних технологій задля вирішення пізнавальних задач;
- Засвоєння прийомів та алгоритмів дій в нестандартних життєвих ситуаціях, оволодіння евристичними методами з метою вирішення проблемних ситуацій;
- Формування вмінь щодо роботи в команді.

Наведемо фрагмент змісту розділів програми з фізики основної школи з використанням STEM–робототехніки. Наприклад, під час вивчення розділу «Фізика і фізичні методи вивчення природи» розглядаються теми «Фізика – наука про природу», «Спостереження та опис фізичних явищ», «Фізичні природи», «Фізичні величини та їх вимірювання», «Фізичний експеримент», «Роль математики в процесі розвитку фізики», «Фізика і техніка» рекомендується впровадження дослідницьких робіт «Калібрування вимірювальних пристроїв», «Таймер» та ін. Відповідно, в процесі вивчення розділу «Теплові явища», коли досліджуються екологічні проблеми використання теплових двигунів, пропонується до виконання робота «Електромобіль с сонячною батареєю». Вивчаючи розділ «Електромагнітні коливання і хвилі» доцільно ґрунтовну увагу приділити виконанню дослідницьких проєктів «Електричні вимірювання», «Lego–конденсатор – накопичувач енергії», «Акумулявання електричної енергії», «Обчислення витрат енергії на освітлення», «Підключення генератора до мотора», «Оптимізація процесу перетворення енергії», «Потужність сонячної батареї», «Вироблення електричної енергії з використанням водяного колеса», «Вироблення електричної енергії з використанням вітряного двигуна» та ін.

Завдяки впровадженню в навчально-виховний процес STEM–робототехніки учні з цікавістю шукають та знаходять взаємозв'язки між різними областями знань [11] на основі змодельованих прототипів механічних пристроїв, з'ясовуючи при цьому специфіку роботи механічних конструкцій, уточнюючи для себе фізичні поняття та величини, працюючи при цьому у власному ритмі та з врахування індивідуальної траєкторії розвитку.

Доцільно зауважити, що зацікавлення учнів дослідженнями з використанням STEM–робототехніки, синергетичне поєднання інженерних знань із ґрунтовною міждисциплінарністю, розвиток нових науково-технічних ідей сприятимуть створенню необхідних умов задля підвищення мотивації молоді, в тому числі за рахунок педагогічно-виваженого використання в навчально-виховному процесі інформаційно-когнітивних технологій та оновлених педагогічних підходів [10]. Нашим дітям дістанеться світ з різними проблемами, тому необхідне синергетичне поєднання науки, освіти та технологій задля вирішення життєвих проблем.

**Анотація:** З використанням окремих компонентів комп'ютерно орієнтованого середовища навчання забезпечується концентрація навчальних ресурсів, інтегруючи навчальні курси STEM–робототехніки; забезпечуючи багатогранність індивідуальних траєкторій та результатів формування необхідних міжпредметних та метапредметних компетентностей; доступність та рівність можливостей учнів в навчанні; поліфункціональність взаємодії суб'єктів навчального процесу; орієнтацію змісту, форм та технологій підготовки учнів на інтеграцію освітню, наукову, дослідницьку, виробничу в умовах навчально-виховного процесу. розглядаються шляхи побудови варіативних моделей навчання предметів природничо-математичних циклу з метою підвищення ефективності навчання учнів.

**Ключові слова:** варіативні моделі, моделювання, комп'ютерно орієнтоване середовище навчання, проєктування, предмети природничо-математичного циклу, STEM–робототехніка.

**Аннотация:** С использованием отдельных компонентов компьютерно ориентированной среды обучения обеспечивается концентрация учебных ресурсов, интегрируя учебные курсы STEM–робототехники; обеспечивая многогранность индивидуальных траекторий и результатов формирования необходимых межпредметных и метапредметных компетентностей; доступность и равенство возможностей учащихся в обучении; полифункциональность взаимодействия субъектов учебного процесса; ориентации содержания, форм и технологий подготовки учащихся на интеграцию образовательную, научную, исследовательскую, производственную в условиях учебно-воспитательного процесса. рассматриваются пути построения вариативных моделей обучения предметов естественно-математического цикла с целью повышения эффективности обучения учащихся.

**Ключевые слова:** вариативные модели, моделирование, компьютерно ориентированная среда обучения, проектирования, предметы естественно-математического цикла, STEM–робототехника.

**Anotation:** With the use of the individual components of computer-oriented learning environment provided by the concentration of educational resources, training courses integrating STEM–robotics; ensuring that the diversity of individual trajectories and outcomes to develop the necessary interdisciplinary competences and metapragmatic; accessibility and equality of opportunity of students in training; polyfunctionality of interaction of subjects of educational process; orientation of the content, forms and technologies of training students to integrate educational, scientific, research, production and in the conditions of the educational process. discusses ways to build variable



models for learning of subjects of natural-mathematical cycle with the purpose of increase of learning efficiency of students.

**Key words:** variable models, modeling, computer oriented learning environment, design, science and math, STEM, robotics.

### Література

1. Выготский Л.С. Мышление и речь. // Выготский Л.С. Собр. соч. В 6-ти т. Т.2. – М.: Педагогика, 1982. – С. 5-227.
2. Гальперин П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка – М.: Издательство МГУ, 1985. – 45с.
3. Гриб'юк О.О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. / Гриб'юк О.О.// Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград.: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. – С. 38–50.
4. Гриб'юк О.О. Когнітивна теорія комп'ютерно орієнтованої системи навчання природничо-математичних дисциплін та взаємозв'язки вербальної і візуальної компонент / Гриб'юк О.О. // Гуманітарний вісник ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди» – Додаток 1 до Вип.36, Том IV (64): Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – Київ: Гнозис, 2015. – С. 158-175.
5. Гриб'юк О.О. Перспективи впровадження варіативних моделей комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах України / Гриб'юк О.О. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.] – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 22: Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей. – С. 184-190.
6. Гриб'юк О.О. Математичне моделювання як засіб екологічного виховання учнів у процесі навчання математики в класах хіміко-біологічного профілю: посібник для учителів / О.О. Гриб'юк. – Рівне: РДГУ, 2006. – 202 с.
7. Гриб'юк О.О. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання математики у загальноосвітньому навчальному закладі/ Гриб'юк О.О.// Teoria i praktyka – znaczenie badań naukowych: Zbiór raportów naukowych (29.07.2013 – 31.07.2013) – Lublin: Wydawca: Sp.z o.o. “Diamond trading tour”, 2013. – С. 89 – 101.
8. Гриб'юк О.О. Віртуальне освітнє середовище як інноваційний ресурс для навчання і дослідницької діяльності студентів // Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Віртуальний освітній простір: психологічні проблеми». – Київ: Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, 2013. – Режим доступу: [http://www.psytir.org.ua/Tezy/2013\\_05/2013\\_05\\_20.htm](http://www.psytir.org.ua/Tezy/2013_05/2013_05_20.htm)
9. Гриб'юк О.О. Математичне моделювання як засіб екологічного виховання учнів у процесі навчання математики в класах хіміко-біологічного профілю / О.О. Гриб'юк // Дидактика математики: проблеми і дослідження: Міжнародний збірник наукових робіт. – Вип. 27. – Донецьк.: Фірма ТЕАН, 2007. – С. 132 – 139.
10. Гриб'юк О.О. Психолого-педагогічні вимоги до комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики в контексті підвищення якості освіти// Гуманітарний вісник ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди» - Додаток 1 до Вип.31, Том IV (46): Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – Київ: Гнозис, 2013. – С. 110-123.
11. Гриб'юк О.О. Математичне моделювання при навчанні дисциплін математичного та хіміко-біологічного циклів: навчально-методичний посібник для учителів / О.О. Гриб'юк. – Рівне: РДГУ, 2010. – 207 с.
12. Гриб'юк О.О. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на психофізіологічний розвиток молодого покоління. “Science”, the European Association of pedagogues and psychologists. International scientific-practical conference of teachers and psychologists “Science of future”: materials of proceedings of the International Scientific and Practical Congress. Prague (Czech Republic), the 5th of March, 2014/ Publishing Center of the European Association of pedagogues and psychologists “Science”, Prague, 2014, Vol.1. 276 p. - S. 190-207.
13. Hrybiuk O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry // Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 46-53.
14. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии: В 2-х т., Т.П. – М.: Педагогика, 1989. – С.176.
15. Цукерман Г.А. Оценка без отметки / Г.А. Цукерман. – Москва–Рига: Педагогический центр «Эксперимент», 1999. – 137 с.

**Гришук А. М.,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики,  
*andrewgr827@gmail.com*

**Корнійчук П.П.,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
старший викладач кафедри фізики,  
*korniyp@hotmail.com*

**Гришук В. В.,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики,  
Житомирський державний університет імені Івана Франка  
м.Житомир, Україна  
*teor-caf@meta.ua*

## **СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОЇ АЛГЕБРИ «МАТНЕМАТІСА» ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Бурхливий розвиток комп'ютеризації суспільства розпочався з початком масового виробництва і впровадження персональних комп'ютерів (ПК). Довгий час їх обмежені можливості не дозволяли реалізовувати на них потужні системи символічної математики, і тому їх використовували як потужні калькулятори або не менш потужні друкарські машинки. Але з початку 90х років ситуація почала змінюватися не лише у кількісному, але й у якісному плані. Ріст потужності ПК і поява графічних операційних систем дали поштовх розвитку систем комп'ютерної символічної математики (СКСМ), які вже існували на великих ЕОМ і були доступні лише представникам наукової еліти розвинутих країн.

Еру створення СКСМ прийнято відраховувати з початку 60-х років. Саме тоді в обчислювальній техніці виник новий напрямок комп'ютерної математики, який назвали комп'ютерною алгеброю. Мова йшла про можливості створення комп'ютерних систем, здатних здійснювати типові алгебраїчні перетворення, підстановки у виразах, спрощення виразів, розв'язувати рівняння та системи рівнянь, розраховувати похідні та інтеграли. При цьому передбачалась можливість отримання аналітичних, символічних результатів всюди, де це можливо. Зрозуміло, що здійснення символічних операцій – процес набагато тонший і складніший, ніж реалізація навіть складних числових розрахунків. Відомо, що лише таблиці інтегралів, похідних, сум та формул перетворення і зображення спецфункцій займають велику кількість об'ємних книжок. Ось чому висока ефективність символічних розрахунків стала реальною лише в останні роки.

На теперішній час лідерами серед систем комп'ютерної алгебри є Mathematica 8 і Maple 8. Поступаються їм системи MATHLAB та Mathcad, яка стала міжнародним стандартом для технічних числових розрахунків. Блок символічної математики у ці системи добавлений на основі ядра Maple V.

Системи символічної математики у провідних країнах вивчаються не лише в університетах, але й у школах. На основі ядра системи Mathematica реалізовані електронні інтерактивні математичні енциклопедії та довідники. Ця система є більш демократичною в порівнянні з іншими, оскільки розрахована для більш широкого кола користувачів. В системі

Mathematica розроблено велику кількість пакетів розширень для застосування у фізиці, хімії, біології, географії, соціології, економіці, статистиці та інших науках [1-3].

Система Mathematica — чудовий інструмент для навчання студентів та підготовки наукових дослідників з різних галузей природничих наук. Ця система оперує різноманітними стилями програмування:

- процедурним;
- функціональним;
- логічним;
- об'єктно-орієнтованим.

Головна ідея системи Mathematica — об'єднати усі відомі поняття й методи математики в одну універсальну систему, що має можливість функціонувати в будь-якій операційній системі та розв'язувати складні задачі без знання спеціальної мови програмування. Такий підхід розробників програмного продукту дає змогу молодим науковцям які не мають досвіду в програмуванні здійснювати складні теоретичні та математичні розрахунки на високому науковому рівні без використання спеціальних знань і мов програмування.

Перше знайомство з програмою Mathematica може відбуватися у середній школі, оскільки система побудована так, що для освоєння її початкового рівня достатньо мінімальних знань математики та інформатики. При цьому користуватися системою можна як потужним калькулятором символьних і числових розрахунків.

Підсумовуючи вище сказане важливість системи Mathematica неможливо переоцінити оскільки вона може бути корисною як і людям які тільки починають свій шлях в науці, так і допоміжним інструментом тим хто не перший рік “штурмує гору наукових знань”.

#### Література

1. Головацький В.А. Система комп'ютерної алгебри Mathematica 5/ Чернівці, «Рута», 2008 р, 351 с.
2. Гришук А.М. Використання системи символьного числення «Mathematica» в курсі «Нанотехнології в сучасній фізиці» / Метод. рекомендації. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2012, 46 с.
3. F.Cap Mathematical methods in physics and engineering / CRC Press., 2003., 339 p.

**Гришук А.М., Корній П.П., Гришук А.М. Система комп'ютерної алгебри «Mathematica» та її використання у наукових дослідженнях.**

**Анотація.** Завдяки енергійному розвитку і далекому баченню протягом трьох десятиліть, система Mathematica не має собі рівних у великому діапазоні вимірювань і унікальна в своїй підтримці сучасного безпекового середовища та організації робочого процесу для технічних розрахунків. Вона багато функцій як для аналітичних перетворень, так і для чисельних розрахунків. Крім того, програма підтримує роботу з графікою і звуком, включаючи побудову дво- і тривимірних графіків функцій, малювання довільних геометричних фігур, імпорт та експорт зображень і звуку.

**Ключові слова:** Mathematica, Wolfram, система комп'ютерної алгебри, символьна математика, програмування.

**Gryshuk A.M., Korniychuk P.P., . Title. The use of computer algebra system «Mathematica» in the scientific research.**

**Abstract.** Wolfram Mathematica is a mathematical symbolic computation program, sometimes termed a computer algebra system or program, used in many scientific, engineering, mathematical, and computing fields. It was conceived by Stephen Wolfram and is developed by Wolfram Research of Champaign, Illinois. The Wolfram Language is the programming language used in Mathematica.

**Key words:** Mathematica, Wolfram, mathematical symbolic computation program, computer algebra system.

**Эшматов Б.Э.**,  
кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры высшей математики,  
Каршинский инженерно-экономический институт  
*eshmatovbahodir@mail.ru*  
**Рузимуродов И.Н.**,  
г. Карши Узбекистан

## СОЗДАНИЕ ГРАФИКОВ С ПОМОЩЬЮ БАЗЫ ИНФОРМАЦИИ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММЫ BORLAND DELPHI 7

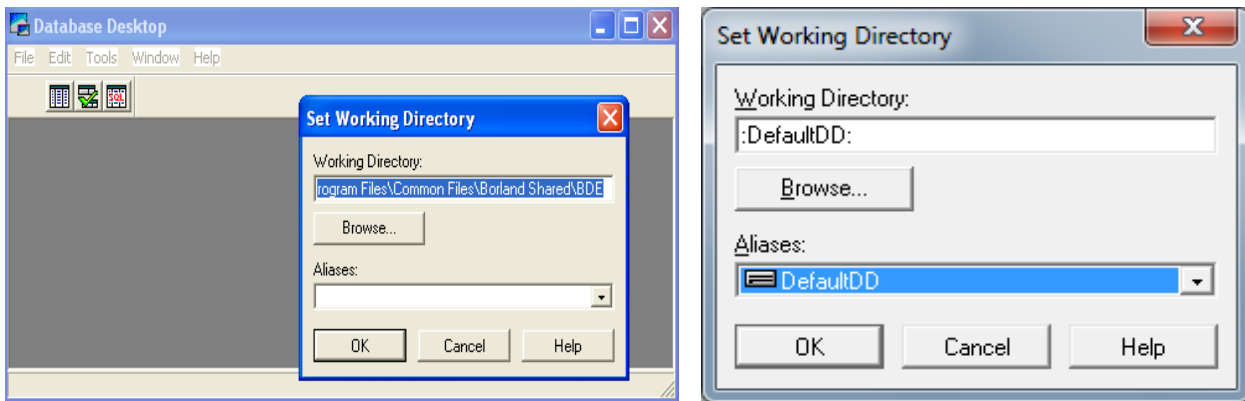
Программа Borland Delphi7 на основе языка программирования Турбо Паскаль, объектно-ориентированного визуального языка программирования с большим потенциалом. В настоящее время есть современный визуальный язык программирования Android Visual C #, Visual C #, Visual Basic, Delphi XE7 X E8 Delphi и другие. При изучении использования таких программ значимо программирование простых математических задач. Если студент знает язык программирования Turbo Pascal, то ему не трудно программирование на языке программирования Delphi7. В приведенной ниже таблице дано приблизительное вычисление определенного интеграла на непрерывном интервале [2.5] для функции  $y=x^2$  используя методы прямоугольного четырехугольника, трапеции, Симпсона для абсолютной и относительной погрешностей. Пользуясь этой таблицей мы формируем и описываем базу данных программы Delphi7.

Метод прямоугольного четырехугольника	S (абсолютная погрешность)	E (относительная погрешность)
S=35,895000000	3.105	7.96%
S=37,436250000	1.56375	4%
S=37,955000000	1.045	2.67%
S=38,215312000	0.748688	1.92%
S=38,371800000	0.6282	1.61%
S=38,476250000	0.52375	1.34%
S=38,550918000	0.449082	1.15%
S=38,606953000	0.393047	1.02%
S=38,650556000	0.349444	0.90%
S=38,685450000	0.31455	0.81%
Метод трапеции		
S=40,245000000	1.245	3.19%
S=39,611250000	0.61125	1.57%
S=39,405000000	0.405	1.04%
S=39,302812000	0.302812	0.78%
S=39,241800000	0.2418	0.62%
S=39,201250000	0.20125	0.52%
S=39,172347000	0.172347	0.44%
S=39,150703000	0.150703	0.40%
S=39,133889000	0.133889	0.34%
S=39,120450000	0.12045	0.31%

Метод Симпсона		
S=40,084500000	1.0845	2.78%
S=39,570562000	0.570562	1.46%
S=39,386833000	0.386833	0.99%
S=39,292570000	0.29257	0.75%
S=39,235236000	0.235236	0.60%
S=39,196688000	0.196688	0.50%
S=39,168993000	0.168993	0.43%
S=39,148134000	0.148134	0.38%
S=39,131858000	0.131858	0.33%
S=39,118805000	0.118805	0.30%

При разрабатывании языка Delphi7 создаем данную последовательность:

1. DataBase Desktop Utility для запуска. Пуск => Программы => Borland Delphi => Database Desktop.
2. DataBase Start на окна главного меню, введите следующую команду. File => Working Directory



3. Таблица int1 держать окно базы данных на рабочем столе, такие как имя меню Файл => Открыть и редактировать данные в таблицах Excel.

4. Алгоритм управления МВ имеет следующую структуру:

1) Разрабатывая систему Delphi параметры компонентов BDE располагаем в форму компоненте Ttable.

2) Для формы компонента Ttable находим свойство DataBase Name

3) Со свойства TableName находим таблицы МВ.

4) Свойство Active устанавливаем с значению **True**.

5) С параметры DataAccess компоненте ставим форму TDataSource.

6) В свойстве Tdataset устанавливаем название **Table1**.

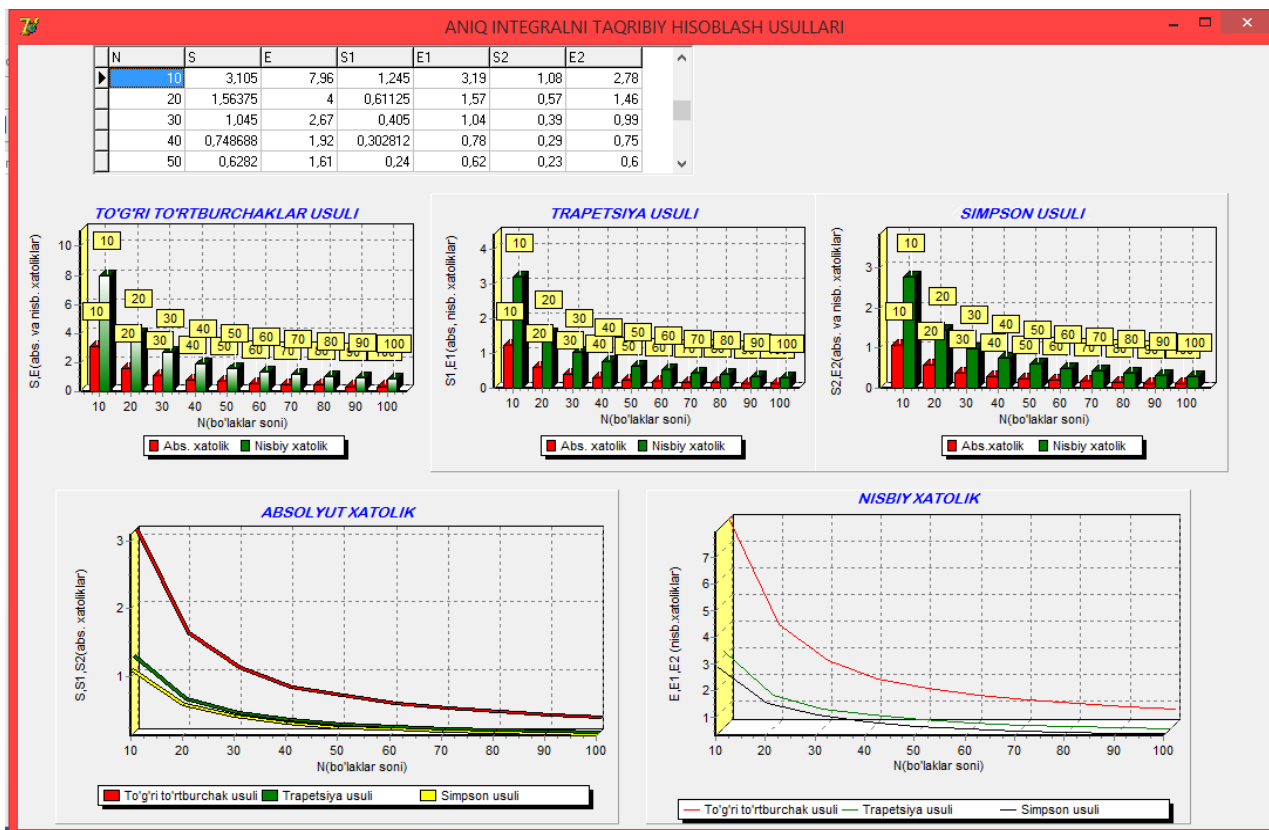
7) Компоненты **DataControls** ставим в форму компонентов **TDBGrid**.

8) Свойства **DataSource** устанавливаем под названием **DataSource1**.

9) С палитры компонентов **DataControls** 5 компонентов ставим форму **Dbchart**.

Компоненты **Dbchart** будут специальным строителем графиков, имеющие возможности в создании графиков.

10) Нажмите клавишу F9, чтобы сделать процесс компиляция.



Если изменим табличное значение функции на этом окне, то график будет меняться соответственно, а код программы не изменится. Следует отметить, что компьютерный программный код автоматически устанавливается, и студентам не нужно писать код. В заключение следует отметить, что в методе Симпсона, меньше ошибок чем в методе трапеции, в методе трапеции меньше ошибок чем в методе прямоугольного четырехугольника.

#### Литература

1. А.М. Черноусова. Создание и использование баз данных: учебное пособие. Оренбург-2009 г.
2. Шупруга В.В. Delphi2005. Учимся программировать. NT Press-2005г.
3. И. Ю. Бежанова - Delphi7 самоучитель программиста. Москва-2003г.
4. С. П. Кандзюба и др. – Delphi6/7 лекция и упражнения. Киев-2004г.
5. [www.thedelphi.ru](http://www.thedelphi.ru)

**Кривцов В. В.,**

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики,  
Рівненський державний гуманітарний університет,  
м. Рівне, Україна,  
*valek.krivtsov@gmail.com*

**Кривцов В. В.,**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри теоретичної механіки,  
інженерної графіки та машинознавства,  
Національний університет водного господарства  
та природокористування, м. Рівне, Україна,  
*v.v.krivtsov@nuwm.edu.ua*

## **МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ТА ВИЩІЙ ШКОЛІ**

Сучасний період розвитку суспільства характеризується сильним впливом на нього комп'ютерних технологій, які проникають в усі сфери людської діяльності, забезпечують розповсюдження інформаційних потоків, утворюючи глобальний цифровий інформаційний світ [1]. В останні роки активно розвиваються технології формату 3D та вдосконалюються засоби симуляції віртуальної реальності. Очевидно, що такі розробки є перспективними і будуть широко застосовуватися у майбутньому [2]. Тому сьогодні актуальним є пошук шляхів та можливостей ознайомлення із ними учнів та студентів в межах навчального процесу в загальноосвітній та вищій школі з поступовим формуванням дидактичної концепції застосування технологій відтворення тривимірних візуалізацій під час вивчення різних предметів. Наприклад, у математиці це може бути розробка та розрахунок 3D-об'єктів; у хімії та біології – демонстрація хімічних реакцій та молекул, віртуальних моделей РНК, ДНК, різних вірусних частинок, скелетів хребетних тварин; у географії – побудова та вивчення різноманітних рельєфів, перегляд цікавих географічних місць у форматі «панорама 360°» тощо.

На уроках математики показовим прикладом застосування технології відтворення 3D-зображень є демонстрація моделі тессеракту — чотиривимірного гіперкубу (кубу в чотиривимірному просторі). Уявити, як буде виглядати цей гіперкуб, не виходячи з тривимірного простору, не так просто. Для цього треба мати стереопару тессеракту як дві проєкції на тривимірний простір. Таке зображення тессеракту розробляється для того, щоб уявити глибину, як четвертий вимір. Стереопара розглядається так, щоб кожне око могло бачити лише одне з цих зображень, при цьому виникає стереоскопічна картина, яка відтворює глибину тессеракту. Крім того, стереоскопія дозволяє вивчати складні об'ємні геометричні фігури (ікосаедрон, кубоктаедрон і т.п.). Завдяки прогресу сучасних комп'ютерних технологій кожній людині стали доступні пристрої симуляції віртуальної реальності на кшталт Google Cardboard, у яких відбувається перегляд стереопар з екрану смартфона. В основі платформи віртуальної реальності компанії Google лежить шолом, який (за задумом розробників) можна зробити з підручних матеріалів. Шолом Google Cardboard збирається за простою схемою з картону, оптичних лінз, магніту та застібок-липучок, а також вкладеного в нього смартфона на операційній системі Android або iOS із попередньо встановленим програмним забезпеченням. Шолом можна зібрати самостійно в домашніх умовах або купити недорогий готовий варіант безпосередньо на сайті експерименту [3] чи в популярних інтернет-магазинах. Програма, аналізуючи дані з камери смартфона, магнітометра та акселерометру, симулює ефект віртуальної реальності. Існують інші альтернативні рішення (Oculus Rift, HTC Vive, Sony PlayStation VR, Samsung Gear VR і т.п.), які вміють ще краще створювати віртуальну реальність, проте вони складніші та дорожчі за Google Cardboard.

На уроках фізики та технічної праці необхідно вивчати принципи роботи стереоскопу, міраскопу, 3D-окулярів, шолому віртуальної та додаткової реальності, їх основні компоненти та функції, проводити практичні роботи із збиранням та фіксації спостережень та вимірювань, що відносяться до 3D-зображень. Учні мають вміти підключати зовнішні пристрої, з'єднувати їх блоки, вивчати сигнали про готовність та неполадки, отримувати інформацію про характеристики 3D-об'єктів. Учасник навчального процесу збирає платформу віртуальної реальності сам і при цьому детально вивчає його будову. Це абсолютно новий рівень залучення учнів до інженерії, конструювання та винахідництва. Школяр не ставиться до шолома віртуальної реальності, як до "чорного ящика". Він добре розуміє процес його роботи, може керувати ним і не боїться щось зламати. Розглянувши на уроках фізики особливості формування об'ємного зображення, учні краще засвоюють основні закони геометричної та хвильової оптики, вчать моделювати реальні фізичні оптичні явища та чітко визначати межі, в яких справедливі ті чи інші фізичні поняття, концепції, моделі і теорії. Для забезпечення політехнічної підготовки на прикладі 3D-технологій показано взаємозв'язок науки, техніки і сучасного виробництва. Пристрій віртуальної реальності стає повноцінним комплектом для виконання експериментального практикуму з фізики, на якому школярі вчать користуватися оптичними приладами, набувають навиків з виготовлення необхідних установок в домашніх або шкільних умовах.

На уроках інформатики або інформаційних технологій вивчається програмний принцип роботи шолому віртуальної реальності, програмне забезпечення, його структура, формат файлів, командна взаємодія користувача з 3D-об'єктами, графічний інтерфейс. Відбувається планування інформаційного простору, збереження інформаційних об'єктів на зовнішніх носіях. Даються основи 3D-моделювання. Розробляються методики побудови стереозображень із застосуванням сучасних графічних редакторів, які використовуються в навчальному процесі. Студенти в процесі виконання лабораторних робіт з інформаційно-комунікаційних технологій можуть створювати власні стереозображення з моноскопічних за допомогою графічного редактора, використовуючи стандартні засоби, наприклад, Adobe Photoshop або такі онлайн сервіси як 123D Catch від Autodesk. Опанування технологіями відтворення 3D-зображень відбувається одночасно при вивченні окремих тем різних предметів. Передбачається проведення короткотривалих фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, спрямованих на відпрацювання технологічних прийомів роботи з віртуальною реальністю, і інтегрованих практичних робіт, орієнтованих на отримання цілісного змістовного результату, осмисленого і цікавого для учнів. Частина практичної роботи (насамперед підготовчий етап) може бути включена в домашню роботу школярів та студентів, в проектну діяльність. Завдання краще поділити на частини і виконувати їх протягом кількох тижнів, акцентуючи увагу на можливостях реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні фізики, математики, інформатики та технічних дисциплін.

#### Література

1. Ерік Шмідт, Джаред Коен. Новий цифровий світ / Перекл. з англ. Ганна Лелів. – Львів: Літопис, 2015. – 368 с.
2. Мічіо Кайку. Фізика майбутнього / Перекл. з англ. Анжела Кам'янець. – Львів: Літопис, 2013. – 432 с.
3. Google Cardboard: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/get/cardboard/index.html>

**Кривцов В.В., Кривцов В.В. Можливості використання сучасних технологій відтворення тривимірних візуалізацій під час вивчення фізико-математичних та технічних дисциплін у загальноосвітній та вищій школі.**

**Анотація.** У роботі представлені можливості використання сучасних технологій відтворення тривимірних візуалізацій під час навчання фізики у загальноосвітній та вищій школі. Акцентовано увагу на можливостях реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні фізики, інформатики, математики та технічних дисциплін.

**Ключові слова:** 3D-зображення, стереоскопія, віртуальна реальність, навчальний експеримент.

**Krivtsov V.V., Krivtsov V.V. Possibilities of Implementation of Modern 3D-Technologies in Physics, Mathematics and Engineering in Secondary School and Higher Education Institutions.**

**Abstract.** The paper shows ways of implementation of modern 3D image reproduction techniques while teaching Physics in secondary and higher school. Special attention is made on the feasibility of intersubject communications in teaching Physics, Information Technology, Mathematics and Engineering.

**Key words:** 3D image, stereoscopy, virtual reality, teaching experiment.



**Моклюк М.О.,**  
кандидат педагогічних наук, доцент,  
*mokljuk@gmail.com*

**Сільвейстр А.М.,**  
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри  
фізики і методики навчання фізики, астрономії,  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського,  
м.Вінниця, Україна  
*silveystram@gmail.com*

## **ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ**

Сучасний освітній простір неможливо уявити без використання нових інформаційних технологій - технологій, які сприяють отриманню, зберіганню, пошуку, обробці, передачі інформації; технологій, які забезпечують ефективні способи подання її учневі, і пришвидшують освітній процес. Разом з тим, сама система освіти є, з одного боку, споживачем, а з іншого - активним виробником інформаційних технологій, потужний поштовх розвитку яких дав розвиток обчислювальної техніки. А серед усіх навчальних дисциплін фізика - одна з тих, яка найбільше піддається комп'ютеризації.

Основними завданнями інформатизації освіти вважають такі [1]:

- розвиток особистості учня, підготовка до самостійної і продуктивної діяльності в умовах інформаційного суспільства;
- розвиток комунікативних здібностей на основі виконання спільних проєктів;
- формування умінь приймати оптимальні рішення в складній ситуації (в роботі з програмами-тренажерами);
- формування навичок дослідницької діяльності (у роботі з моделюючими програмами);
- реалізацію соціального замовлення, обумовленого інформатизацією сучасного суспільства;
- інтенсифікацію процесу навчання за рахунок активізації пізнавальної діяльності...

Одним із шляхів виконання цих завдань є використання елементів комп'ютерного моделювання.

Моделювання як метод наукового пізнання відоме ще з часів Леонардо да Вінчі та Галілея. У сучасному світі воно стало складовою частиною не тільки експериментальних досліджень і конкретного технічного проєктування; завдяки моделюванню створюються абстрактні теорії. Воно використовується в усіх галузях науки, освіти і є найвищою формою моделювання.

Цей метод пізнання поєднує в собі переваги як теорії, так і експерименту. Робота не з самим фізичним об'єктом (явищем, процесом), а з його моделлю дає можливість безболісно, відносно швидко і без суттєвих витрат вивчати його властивості й поведінку в будь-яких можливих ситуаціях. Одним з можливих напрямків здійснення математичного моделювання під час вивчення фізики є розв'язування фізичних задач. Для кількісних задач основними

етапами при цьому виділяють розробку фізичної і математичної моделей фізичних явищ або процесів, описаних в умові задачі [2].

Під час дослідження питання доцільності використання моделювання у вивченні фізики розглянуто методологічні і теоретичні проблеми використання моделювання під час вивчення фізики (В.Ю. Биков, Б.Є. Будний, О.І. Бугайов, С.П. Величко, В.Ф. Заболотний, О.І. Іваницький, Л.Р. Калапуша, Ю.О. Жук, Н.А. Мисліцька, В.П. Муляр, І.Л. Семещук, І.О. Теплицький, С.А. Хазіна) професійно-педагогічна підготовка учителя фізики (П.С. Атаманчук, Л.Ю. Благодаренко, О.І. Бугайов, С.П. Величко, В.Ф. Заболотний, О.І. Іваницький, А.В. Касперський, Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, М.Т. Мартинюк, А.І. Павленко, В.Ф. Савченко, В.П. Сергієнко, О.В. Сергєєв, В.Д. Сиротюк, В.Д. Шарко, М.І. Шут та інших).

Очевидно, що використання комп'ютерних моделей не може, та й не повинно замінити реальний експеримент. Разом з тим очевидно і те, що комп'ютерне моделювання в порівнянні з реальним експериментом дає можливість:

- отримувати наочні динамічні ілюстрації фізичних експериментів і явищ, відтворювати їх тонкі деталі, які часто вислизають під час спостереження реальних явищ і експериментів;

- візуалізувати не реальне явище природи, а його спрощену модель, яка недосяжна в реальному фізичному експерименті. Разом з тим можна поетапно включати в дослідження додаткові параметри, які поступово ускладнюють модель і наближають її до реального фізичного явища;

- варіювати часовий масштаб подій;

- моделювати ситуації, які не можна реалізувати або складно це зробити в реальних фізичних експериментах.

Таким чином, комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів дослідження фізичних систем, вивчення фізичних теорій. Комп'ютерні моделі часто простіше і зручніше досліджувати, вони дають можливість проводити обчислювальні експерименти, реальне здійснення яких ускладнене або може дати непередбачуваний результат. Розумне використання комп'ютерних моделей може не тільки дати можливість якісно проілюструвати або проаналізувати досліджуване фізичне явище, а й може бути стимулом до творчої дослідницької діяльності, яка потребує актуалізації знань не тільки в галузі фізики, а й цілого ряду інших предметів.

Таким чином ?за наявності якісної як з наукової, так і з ергономічної точки зору колекції моделей з різних розділів фізики учитель може використовувати їх наступним чином:

- *для демонстрації анімаційних експериментів.*

Природно, що для демонстрації комп'ютерну модель слід використовувати тільки в разі, коли проведення реального експерименту ускладнено або просто неможливо.

- *для ілюстрації методики розв'язання складних завдань (або їх коректності).*

Учитель пропонує учням для самостійного розв'язання в класі або в якості домашнього індивідуального завдання, правильність вирішення яких вони можуть перевірити, поставивши комп'ютерні експерименти.

Самостійна перевірка отриманих результатів, за допомогою комп'ютерного експерименту, підсилює пізнавальний інтерес учнів, а також робить їх роботу творчою, а часто наближає її за характером до наукового дослідження.

- *для проведення комп'ютерних лабораторних робіт.*

Комп'ютерні моделі дають можливість проводити «мобільні» лабораторні роботи, часові витрати на виконання яких можуть бути зведені до мінімуму. Природно, що такі лабораторні роботи не повинні замінювати звичайні роботи з використанням реальних, а не віртуальних приладів і вимірювальних інструментів. Як показує практика, навіть успішні учні губляться, коли перед ними ставиться завдання практичного використання отриманих знань.

– для організації проектної та дослідницької діяльності учнів.

Учням пропонується самостійно провести невелике дослідження, використовуючи комп'ютерну модель, і отримати необхідні результати.

Таким чином, використання комп'ютерного моделювання під час вивчення фізики може використовуватись з метою демонстрації анімаційних експериментів; ілюстрації методики розв'язання складних завдань; проведення комп'ютерних лабораторних робіт; організації проектної та дослідницької діяльності учнів та ряду інших видів діяльності як учителя так і учнів. Все це дає змогу з прийнятними затратами часу і мінімальними інтелектуальними зусиллями провести необхідні підготовчі етапи через свідомість усіх учнів і, що не менш важливо, сприятиме практичному використанню комп'ютера для їх подальшої діяльності. Це, в свою чергу, відповідає вимогам, що їх ставить сьогоднішня освіта – формування в учнів основ інформаційної культури.

Очевидно, що необхідно приділяти місце і час використанню комп'ютерного моделювання для вивчення фізики не тільки в школах. Спеціальні курси, дисципліни, присвячені комп'ютерним моделям і елементам комп'ютерного моделювання, необхідні в вищих навчальних закладах, насамперед, педагогічних. І це не просто данина моді, це – необхідність.

#### Література

1. Закон України “Про Національну програму інформатизації” [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/main.php?query=education/higher>.

2. Моклюк М.О. Математичне моделювання фізичних явищ та процесів на прикладі розв'язування задач / М.О.Моклюк, М.В.Лисий // Наукові записки: [збірник наукових статей] / М-во освіти і науки України, Над. пед. ун-т імені М.П. Драгоманова ; упор. Л.Л. Макаренко. - Київ ; Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. - Випуск СХХV (125). - С.108-115.

#### **Моклюк М.О., Сільвейстр А.М. Використання комп'ютерного моделювання у вивченні фізики.**

**Анотація.** Розглянуто доцільність використання комп'ютерного моделювання для вивчення фізики у школі та представлено основні напрямки його використання у навчальному процесі з фізики: демонстрації анімаційних експериментів; ілюстрації методики розв'язання складних завдань; проведення комп'ютерних лабораторних робіт; організації проектної та дослідницької діяльності учнів та ряду інших видів діяльності як учителя так і учнів.

**Ключові слова:** інформатизація освіти, комп'ютерне моделювання, комп'ютерні моделі, вивчення фізики.

#### **Moklyuk Nicholas, Silveystr Anatolia. Using computer modeling to study physics**

**Abstract.** Consider the feasibility of using computer simulation to study physics at school and presented the main directions of its use in the educational process in physics, animation demonstration experiments; illustrate techniques for solving complex problems; of computer labs; organization design and research students and a number of other activities as a teacher and students.

**Key words:** informatization of education, computer simulations, computer models, the study of physics.

**Нещерет О.С.,**  
кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри вищої математики,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ, Україна  
*awaywith@yandex.ru*

## **ВИКОРИСТАННЯ МАХІМА ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Отримання фундаментальних знань з курсу «Вища математика» для студентів технічних спеціальностей є основою для подальшого засвоєння спецдисциплін. Усвідомлення і закріплення через досвід дослідницької діяльності під час лабораторних робіт допоможе створити міжпредметні зв'язки та у формуванні у студентів цілісної системи знань і уявлень як про теоретичні основи, так і про шляхи застосування отриманих знань на практиці.

Тому необхідним є впровадження в курс вищої математики студентів ВНЗ лабораторних робіт, що сприяли б глибокому засвоєнню і розумінню студентами базових понять, правил, принципів і методів навчання дисциплін, їх взаємозв'язку з суміжними дисциплінами, а також шляхів їх використання на практиці. Лабораторні роботи, зазвичай, організуються за допомогою інтегрування у процес навчання систем комп'ютерної математики (СКМ), за допомогою яких можна, з одного боку, автоматизувати деякі рутинні дії, зосередивши увагу студента на опануванні понять і принципів, що вивчаються, а з іншого боку, виявити міжпредметні зв'язки різних дисциплін, дослідивши, як ті чи інші фундаментальні поняття реалізуються у прикладних галузях.

Системи комп'ютерної математики є засобом фундаменталізації навчання дослідження операцій, оскільки належать до сучасних програмних засобів, що дають змогу забезпечити *міжпредметні зв'язки* математики та інформатики, автоматизувати обчислювальний процес розв'язування задач прикладної спрямованості, зосередившись на побудові моделі та інтерпретації результатів обчислювального експерименту [1].

Сучасне наукове програмне забезпечення: Mathematica, Matlab, Maple, Mathcad та ін., – дає змогу підняти на новий рівень методику навчання математичних та інформатичних дисциплін та проведення наукових досліджень. За допомогою цих комп'ютерних систем можлива побудова, числове, аналітичне, графічне дослідження великої кількості задач, в тому числі за допомогою складних параметричних анімацій.

При виборі математичного пакету серед усієї різноманітності СКМ слід враховувати, по-перше, для яких потреб необхідна СКМ (для наукових досліджень чи для супроводу навчального процесу). По-друге, вартість, якщо система є комерційною. По-третє, вибір СКМ залежить від задач, які необхідно розв'язувати. Не менш важливою умовою для вибору є доступність програмного засобу [2].

Для супроводу навчального процесу пропонується використовувати систему Maxima.

Maxima - система для роботи з символьними і чисельними виразами, що включає диференціювання, інтегрування, розкладання в ряд, перетворення Лапласа, звичайні диференціальні рівняння, системи лінійних рівнянь, многочлени, списки, вектори, матриці тощо.

Maxima виконує чисельні розрахунки високої точності, використовуючи точні дроби, цілі числа і числа з плаваючою точкою довільної точності. Система дозволяє будувати графіки функцій і статистичних даних в двох і трьох вимірах. Вихідний код Maxima може компілюватися на багатьох системах, включаючи Windows, Linux і MacOS X. На SourceForge доступні вихідні коди і виконувані файли для ОС Windows і Linux.

*Орієнтовна тематика лабораторних занять:* Операції над матрицями. Визначники. Обернена матриця. Матричні рівняння. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Вектори. Власні значення та власні вектори лінійного оператора. Прямі та площини. Криві та поверхні 2-го порядку. Комплексні числа. Елементарні функції. Границя функції. Неперервність функції. Похідна функції однієї змінної. Застосування похідної до дослідження функцій. Функція багатьох змінних. Невизначений інтеграл. Визначений інтеграл. Застосування визначених інтегралів. Диференціальні рівняння першого порядку. Диференціальні рівняння вищих порядків. Застосування диференціальних рівнянь. Числові ряди. Функціональні ряди та ряди Фур'є.

Методичне забезпечення лабораторних робіт передбачає розробку інструкцій до лабораторних робіт і підготовку обладнання, необхідного для виконання запланованих дій студента. Структура інструкцій розроблялась з урахуванням цілей постановки лабораторних робіт і змісту міжпредметних зв'язків, які реалізувались між вищою математикою і спеціальними дисциплінами у кожній конкретній лабораторній роботі. З цих позицій до змісту інструкції були включені такі рубрики: тема; мета; завдання; необхідне обладнання; теоретичні відомості, які включали необхідну інформацію для розв'язання поставлених завдань прикладного змісту; звіт про виконання лабораторної роботи; контрольні питання (або додаткові завдання); список літератури та Internet-джерел, необхідних для опрацювання.

Студент, використовуючи Maxima, розв'язує поставлену перед ним задачу і, таким чином, у нього не виникає психологічного бар'єру у застосуванні математичного апарату, а крім того він також усвідомлює, який матеріал треба повторити (або вивчити). Розв'язування задач прикладного характеру з використанням Maxima надає можливість формування професійних компетентностей.

#### Література

1. Кобильник Т.П. Системи комп'ютерної математики : Maple, Mathematica, Maxima / Тарас Петрович Кобильник. – Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2008. – 316 с.
2. Когут У. П. Передумови ефективної інтеграції ІКТ в навчальний процес бакалаврів інформатики педагогічного університету [Електронний ресурс] / Уляна Петрівна Когут// Інформаційні технології і засоби навчання. – 2011. – № 6(26). – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/571>.

**Нешерет О.С. Використання Maxima під час лабораторних занять з вищої математики для студентів технічних спеціальностей.**

**Анотація.** Науково обгрунтоване, педагогічно виважене і доцільне запровадження засобів ІКТ у вищих навчальних закладах сприятиме підвищенню рівня інформаційно-технологічного забезпечення і суттєвому зростанню фундаментальної математичної підготовки майбутніх спеціалістів.

**Ключові слова:** Maxima, вища математика, системи комп'ютерної математики, технічні спеціальності, організація.

**Neshcheret O.S. Use Maxima during laboratory studies on higher mathematics for students of technical specialties.**

**Abstract.** Scientifically based, educationally balanced and appropriate implementation of ICT in higher education will increase the level of information technology software and a substantial increase of basic mathematical training of future specialists.

**Key words:** Maxima, higher mathematics, computer systems mathematics, technical specialty, organization.

**Стариков С.М.,**  
аспірант кафедри методології та методики навчання  
фізико-математичних дисциплін вищої школи,  
фізико-математичного факультету  
Національний педагогічний університет  
імені М.П.Драгоманова,  
м.Київ, Україна  
[starikovs@ukr.net](mailto:starikovs@ukr.net)

## ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ

Гнучкість, легкість у використанні, багатофункціональність зробили системи комп'ютерної математики невід'ємними інструментами у роботі науковця чи дослідника в галузях багатьох наук [1]. Необхідність і ефективність використання таких систем при виконанні лабораторних робіт з фізики і аналізу отриманих даних не викликає сумнівів. Важливо відмітити, що деякі пакети прикладного програмного забезпечення, наприклад Wolfram Mathematica, дозволяють не лише спростити процес роботи, але й суттєво покращити представлення результатів дослідження [2].

Розглянемо застосування можливостей пакету Wolfram Mathematica на прикладі представлення результатів дослідження заряджання конденсатора. На рис.1 зображено побудований графік на основі отриманого за допомогою комп'ютерно-вимірювального комплексу масиву даних [3].

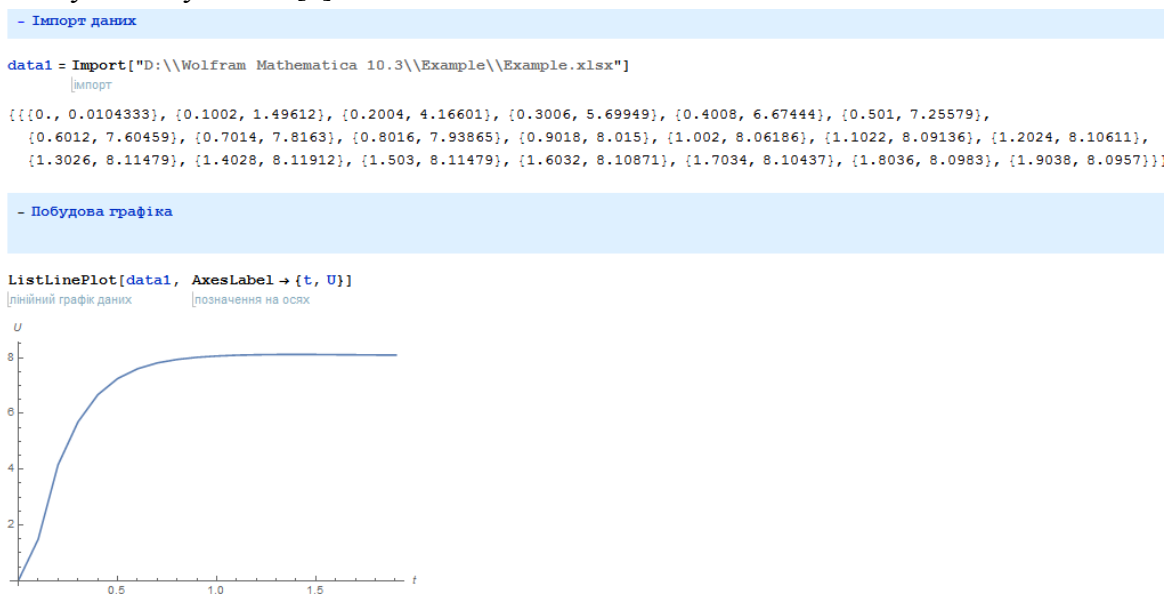


Рис.1 Зарядка конденсатора (40 мкф, 10 кОм, 8 в)

Однією з найбільш важливіших можливостей використання Wolfram Mathematica є динамічне представлення даних [3]. Візуальне представлення залежностей фізичних величин від зміни вхідних параметрів представлено на рис.2.

### -Зміна графіка

```
Manipulate[Plot[8*(1 - E^(-t/(r*c*10^(-6))))], {t, 0, 1.9}], {r, 100, 10000, 100}, {c, 5, 50}]
```

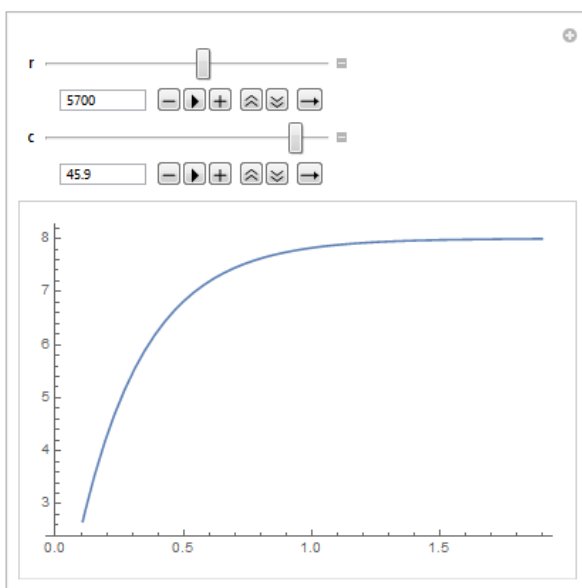


Рис.2.Динамічне представлення залежностей фізичних величин

Багатофункціональність, повторюваність використання отриманих результатів обробки даних, динамічність представлення для подальшого аналізу інформації тощо, дає можливість студенту, досліднику, науковцю зосередитись на самому фізичному процесі і виявленні його закономірностей, шляхом ефективної економії часу на обробку і представлення отриманих результатів та покращення якостей цих процесів.

### Література

1. Frank E. Harris. Mathematics for Physical Science and Engineering. Symbolic Computing Applications in Maple and Mathematica. - Elsevier Inc. 2014.
2. Осипов Р. Создание презентаций, настройка стилей и подготовка электронных публикаций в Wolfram Mathematica. /[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://embedy.cc/movies/OFZ4L3FoWXdFeXdIL2I0THRRb1h6S05jNXY1Q0FFTWZHUmZmUGtjTXBuZz0=>
3. Cameron Smith, Nancy Blachman. The Mathematica Graphics Guidebook. – Addison – Wesley Publishing Company, 1995.

### Стариков С.М. Використання системи комп'ютерної математики для представлення результатів лабораторних робіт з фізики

**Анотація.** Обробка, аналіз і подальше представлення результатів фізичних досліджень являються важливими етапами виконання лабораторних робіт з фізики. На сьогоднішній день для комплексного виконання цих етапів часто використовують системи комп'ютерної математики.

**Ключові слова:** системи комп'ютерної математики, лабораторні роботи з фізики, представлення результатів.

**Анотация.** Обработка, анализ и дальнейшее представление результатов физических исследований являются важными этапами выполнения лабораторных работ по физике. На сегодняшний день для комплексного выполнения этих этапов часто используют системы компьютерной математики.

**Abstract.** Processing, analysis and presentation of results of further physical investigations are important phases of laboratory work in physics. Today for the integrated implementation of these steps is often used system of computer mathematics.

**Сушко О.С.,**  
кандидат педагогічних наук,  
старший викладач кафедри  
методології та методики навчання  
фізико-математичних дисциплін вищої школи,  
**Кньовець Ю.В.,**  
студентка 4-го курсу,  
НПУ імені М.П.Драгоманова  
м.Київ, Україна  
*teacher\_math@i.ua*

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КУРСІ «МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ» СТУДЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ**

Освітньо-професійними програмами підготовки бакалаврів з галузей 01 «Освіта» та 11 «Математика та статистика» Фізико-математичного факультету НПУ імені М.П.Драгоманова передбачене вивчення дисципліни «Математичне програмування». Основною метою навчання цього курсу є: ознайомити студентів з сучасним математичним апаратом побудови та дослідження оптимізаційних моделей; навчити розв'язувати теоретичні та прикладні задачі; сформувати вміння застосовувати методи математичного програмування до дослідження реальних процесів та явищ; сприяти розвитку логічного мислення. В рамках цього курсу передбачено розгляд наступних тем : 1. Предмет математичного програмування. Постановка задачі математичного програмування. 2. Лінійне програмування. 3. Теорія двоїстості оцінки в аналізі розв'язків лінійних оптимізаційних моделей. 4. Транспортна задача. Постановка, методи розв'язування та аналізу. 5. Цілочислові задачі лінійного програмування. Деякі основні методи їх розв'язування та аналізу. 6. Елементи нелінійного програмування. 7. Задачі динамічного програмування. 8. Елементи теорії ігор. 9. Елементи стохастичного програмування. Згідно програми вибіркової дисципліни для студентів відповідних галузей серед основних завдань, що мають бути виконані у процесі навчання дисципліни «Математичне програмування», зазначається необхідність надання студентам систематичних знань з основних математичних методів розв'язування оптимізаційних задач, а також, формування вмінь використовувати інформаційно-комунікативні технології і відповідне програмне забезпечення при проведенні оптимізаційних розрахунків та аналізі результатів цих розрахунків.

Саме з цих міркувань у доповіді пропонується розглянути існуюче програмне забезпечення, що може бути використане при розв'язуванні та аналізі оптимізаційних задач, доцільність та методичні особливості його застосування при навчанні даної дисципліни. Це можуть бути прикладні програми, серед яких, табличний процесор Excel; пакети моделювання математичних та технічних систем MatLab і Simulink та багато іншого. Можна застосувати універсальні мови програмування типу Pascal, C++, Java, але іноді трудомісткість програмування інтерфейсу перевищує трудомісткість програмування самої моделі в 5-10 разів. Тому для деяких задач доречно застосувати математичний програмний інструмент MatLab. Для нього, як надбудови, розроблено багато спецдодатків для аналізу технічних систем управління. Особливо цікавим є інструмент Simulink, розроблений спеціально для моделювання динамічних систем. Він містить бібліотеку графічних блоків з



вбудованими математичними функціями. Іноді його називають інструментом графічного або візуального програмування.

У доповіді більш детально розглянемо можливості застосування певних програмних продуктів до кожного з розділів. При розв'язуванні задач лінійної оптимізації можна використовувати такі програмні продукти як Gran1, Gran-2D, Excel, Simplex, Optimal1\_4 та інші. У процесі розв'язування задач цілочисельного програмування можна скористатися програмними пакетами QSB, Excel. Для побудови оптимальних маршрутів, тобто для розв'язування задач типу „задачі комівояжера”, можна використати програмний пакет мережевої оптимізації (Network Optimization). Пакет містить ряд програм для розв'язування задачі визначення максимального потоку в мережі, потоку мінімальної вартості, знаходження найкоротшого шляху та ряд інших. Для задач динамічного програмування можна застосувати зручний і простий Excel. Оскільки будь-яка скінченна гра з двома особами і нульовою сумою зводиться до розв'язування задачі лінійного програмування, то для розв'язання матричних ігор теж можна застосувати програму Simplex або „Лінійне програмування” з пакету QSB. Для знаходження оптимальних стратегій в іграх можна використати Excel. Ця ж програма допоможе у розв'язуванні задач нелінійного програмування та векторної оптимізації. Широке застосування має Excel до розв'язування задач стохастичного програмування, зокрема, для визначення кількісних характеристик і функцій розподілу ймовірностей на множині значень випадкової величини, побудови графіків для нормального розподілу; формування початкових даних для детермінованого еквіваленту задачі в М-постановці; розв'язування стохастичних задач в Р- постановці; розв'язування стохастичної транспортної задачі.

Аналізуючи вище зазначене, можна помітити, що задачу з будь-якого розділу дисципліни «Математичне програмування» можна розв'язати, або частково автоматизувати її розв'язування за допомогою існуючих інформаційних технологій. Ознайомлення студентів з існуючими програмними засобами, формування вмінь використовувати ІКТ при розв'язуванні та дослідженні оптимізаційних задач — одне з основних завдань курсу математичного програмування.

#### Література

1. Горчаков А.А., Орлова И. В. Компьютерные экономико-математические модели. – М.: Компьютер, ЮНИТИ, 1995.
2. Гончаренко Я.В. Математичне програмування. – К.: Вид-во НПУ імені М.П.Драгоманова. – 2009. – 144с.
3. Костевич Л.С. Математическое программирование: Информационные технологии оптимальных решений. – Мн.: Новое знание, 2003.
4. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами EXCEL 7.0. – СПб.: BHV, 1997.
5. Цисарь И.Ф., Непман В.Г. Компьютерное моделирование экономики. – М.: «Диалог- МИФИ», 2002.

**Сушко О.С., Кньовець Ю.В. Використання інформаційних технологій в курсі «Математичного програмування» студентами математичних спеціальностей педагогічних університетів.**

**Анотація.** У доповіді йтиметься про доцільність, необхідність та можливості використання сучасного програмного забезпечення при вивченні вибіркової дисципліни «Математичне програмування» для студентів математичних спеціальностей педагогічних університетів.

**Ключові слова:** інформаційні технології, математичне програмування.

**Sushko, O. S., Knyovets J. V. Use of information technologies in the course "Mathematical programming" for students of mathematical specialties pedagogical universities.**

**Annotation.** In report will be discussed about the appropriateness, necessity and potential of using modern software in the study of selective discipline "Mathematical programming" for students of mathematical specialties pedagogical universities.

**Key words:** information technology, mathematical programming.

**Фетісов В. С.**  
кандидат економічних наук,  
доцент кафедри інформаційних  
технологій і аналізу даних,  
Ніжинський державний університет  
ім. Миколи Гоголя  
м. Ніжин, Україна  
fetisval@gmail.com

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕСТУ В MOODLE

Апробація та аналіз результатів тестування є чи не найважливішим етапом при розробці тестових завдань, адже дозволяє виявити не валідні та погано складені завдання. Moodle має вбудовані засоби (звіти), які дозволяють провести статистичний аналіз тесту як в цілому, так і окремих його тестових завдань.

Дістатися до результатів тестування можна у блоці “Керування”, де у групі “Керування тестом” слід натиснути гіперпосилання “Результати”. Система запропонує визначити параметри перегляду та, що саме потрібно, включати до звіту, наприклад, спроби зарахованих учасників тестування. Після цього слід натиснути кнопку «Показати звіт». Слід зауважити, що дістатися до результатів тестування не можуть відвідувачі з роллю “Студент” – вони взагалі не будуть мати вищезгаданих пунктів у блоці.

Результати тестування *Moodle* відбиваються у кількох звітах, серед яких є “Статистика”. Цей звіт надає інформацію про тест у цілому, в тому числі основні описові статистичні показники, такі як середня оцінка, стандартне відхилення і т. ін. Окрім того для кожного тестового завдання також розраховується кілька статистичних показників. На сторінці «Статистика» під заголовком “Загальна інформація про тест” відобразатимуться загальні відомості про тест, у тому числі:

1. Кількість перших повністю оцінених спроб.
2. Загальна кількість повністю оцінених спроб.
3. Середня оцінка по перших спробах.
4. Середня оцінка по всіх спробах (у випадках, коли на проходження тесту надається кілька спроб, обчислюється середня оцінка за використаними спробами).
5. Медіана оцінок – значення оцінки, яке поділяє учасників тестування, впорядкованих за зростанням або спаданням оцінки, на дві рівні частини.
6. Стандартне відхилення або середнє квадратичне відхилення – показує розсіювання оцінок за тест, тобто на яку кількість балів в середньому відрізняються відповіді учасників тестування від середнього вибіркового.
7. Значення коефіцієнта асиметрії застосовується для перевірки гіпотези на нормальність розподілу оцінок (набраних балів) в тесті. Відомо, що він дає уявлення про напрям асиметрії і міру скошеності в середині розподілу. При конструюванні тесту потрібно намагатися, щоб значення асиметрії було близьким до нуля, тоді розподіл оцінок буде близьким до нормального. А це, в свою чергу, вказує на те, що високих і низьких оцінок буде порівну. Якщо значення коефіцієнта асиметрії є від’ємним, то це вказує на те, що низьких оцінок більш ніж високих, тобто тест є складним, а якщо додатнім, то кількість високих оцінок перевищує кількість низьких, тобто тест є простим.

8. Значення ексцесу розподілу – коефіцієнт ексцесу характеризує “крутизну”, тобто, гостровершинність кривої розподілу оцінок порівняно з кривою нормального розподілу. При конструюванні тесту потрібно намагатися, щоб значення ексцесу було близьким до нуля. Тоді розподіл оцінок буде близьким до нормального. Якщо значення ексцесу додатне, то тест погано розподіляє учасників тестування на сильних і слабких, тобто має дуже багато середніх оцінок, а – через це – низьку диференційну здатність; якщо ж це значення від’ємне – то навпаки, тест занадто сильно диференціює учасників тестування (тобто низьких, середніх і високих оцінок майже однакова кількість, що суперечить нормальному закону).

9. Коефіцієнт внутрішньої узгодженості. Внутрішня узгодженість тесту – характеристика тесту, яка вказує на ступінь однорідності завдань тесту. Вимірюється як коефіцієнт кореляції між результатами відповідей випробовуваних на парні і непарні питання одного і того ж тесту. Внутрішня узгодженість є істотним елементом конструктивної валідності тесту і характеризує, якою мірою завдання спрямовані на вимірювання потрібної ознаки. Максимальна валідність тесту досягається за рахунок підбору таких завдань, які володіючи значущою кореляцією з результатом тесту, в той же час мінімально корелюють між собою. Коефіцієнт, що дорівнює 70 % показує, що 70 % дисперсії результатів тесту залежить від загальної дисперсії по вимірюваній ознаці, а 30 % – від дисперсії помилки. Дисперсія помилки включає неоднорідність завдань тесту, тимчасові показники, зміну стану випробовуваних, вплив тренування та інші фактори.

10. Стандартна помилка – оцінює фактор “везіння” і вказує границю похибки для оцінки студента за тест. Так наприклад, якщо стандартна помилка 12 % і студент відповів на 70 % завдань тесту правильно, тоді його справжня оцінка буде розташовуватися в інтервалі від 58 % до 82 %.

Вважається, що в хорошому тесті середній арифметичний бал дорівнює медіанному значенню оцінок, а крива розподілу оцінок має нормальний розподіл. Це ознака добре підбраного рівня складності тесту та адекватної підготовки учасників тестування.

#### Література

1. Analysis of test [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://moodle.oa.edu.ua/help.php?module=quiz&file=itemanalysis.html>.
2. LCMS MOODLE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moodle.org/>.
3. Quiz statistic report. MoodleDocs [Електронний ресурс]. \_ Режим доступу: <http://docs.moodle.org>.
4. Фетісов В. С. Комп’ютерні технології в тестуванні: навч.-метод. посіб. / В. С. Фетісов. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2011. – 140 с.

#### **Фетісов В. С. Статистичний аналіз тесту в MOODLE.**

**Анотація.** Розглядається питання статистичного аналізу тесту MOODLE на підставі вбудованих до системи статистичних показників.

**Ключові слова:** MOODLE, тест, аналіз результатів тестування, аналіз тесту MOODLE

#### **Fetisov V. The statistical analysis of the test in MOODLE.**

**Abstract.** In theses are considered the questions of the statistical analysis of the MOODLE test by means of MOODLE.

**Key words:** test, analysis of results of testing, analysis of the MOODLE test

**Hristova R.P.,**  
Assistant Professor  
ShU “Bishop Konstantin Preslavski”  
Shumen, Bulgaria  
*r.hristova@shu.bg*

### **A THREE-DIMENSIONAL INTERACTIVE MODEL OF THE SOLAR SYSTEM\***

People always look of the stars and are interested in the structure of the universe. The study of the solar system is part of the subjects "Man and Nature"[6] and "Physics and Astronomy"[5] in secondary school. To hold the attention of today's "internet generation" students narrative and displaying images is not enough. One approach is to use the modern information and communication technologies (ICT) to create and display more attractive visual materials[3]., such as computer animation.

This article describes an interactive 3D model of the solar system. For this purpose we use the capabilities of the graphic libraries OpenGL, GLUT and GLU[7].

The model includes the Sun, the planets of the solar system, larger satellites of the planets and the asteroid belt between Mars and Jupiter. When creating the model the real correlation between the size of the planets and satellites (except the Sun for obvious reasons) is retained. The law of Titsius-Bode about the distance ratio between the planets and the Sun is also respected[2]. All elements of the system are moving with their aligned direction and the ratio between the speed of movement of the planets in their orbits.

For each planetary system a real inclination of the axis of the planet and orbits of the visible satellites is shown. The movement of the planet around its axis and the speed of movement of the satellites in their orbits are synced with the other planetary system speeds[1]. It is possible to accelerate or delay the movement of the whole solar system.

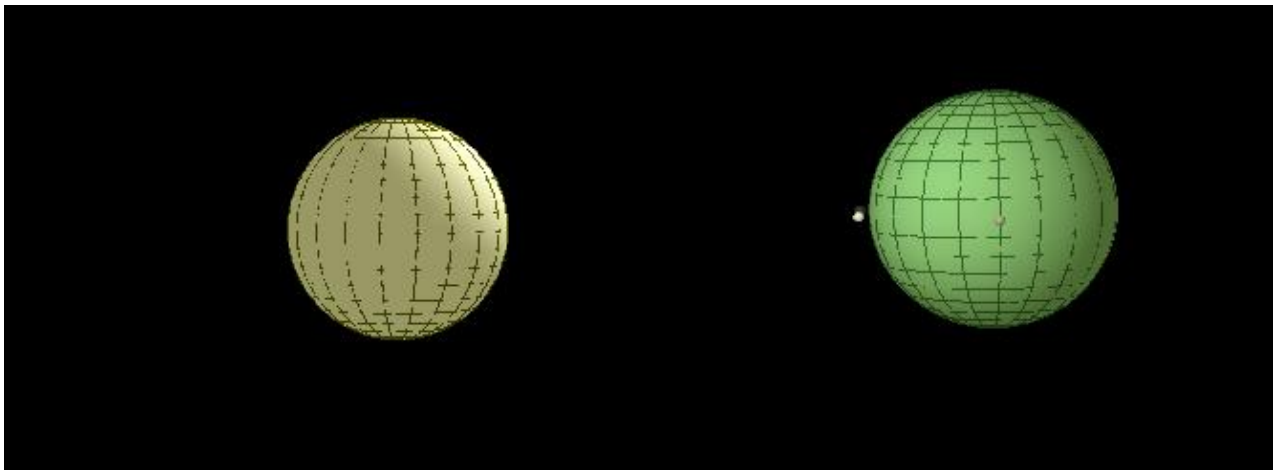


Fig. 1 Jupiter with its satellites

The model allows us to observe:

- the movement of a separate planet according to the Sun (see Fig. 1);

---

\* The presented paper is partially funded by the Scientific Research project of ShU “Bishop Konstantin Preslavski” – № ПД-08-105/06.02.2017

- the simultaneous movement of the planet and its satellites to the Sun;
- the simultaneous movement of several random chosen planets and their satellites (see Fig. 2);

- the simultaneous movement of Terrestrial planet/inner planets;
- the simultaneous movement of all planets.

The program allows the viewer to change the point of monitoring by approaching and receding from the center of the solar system or moving it (see Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

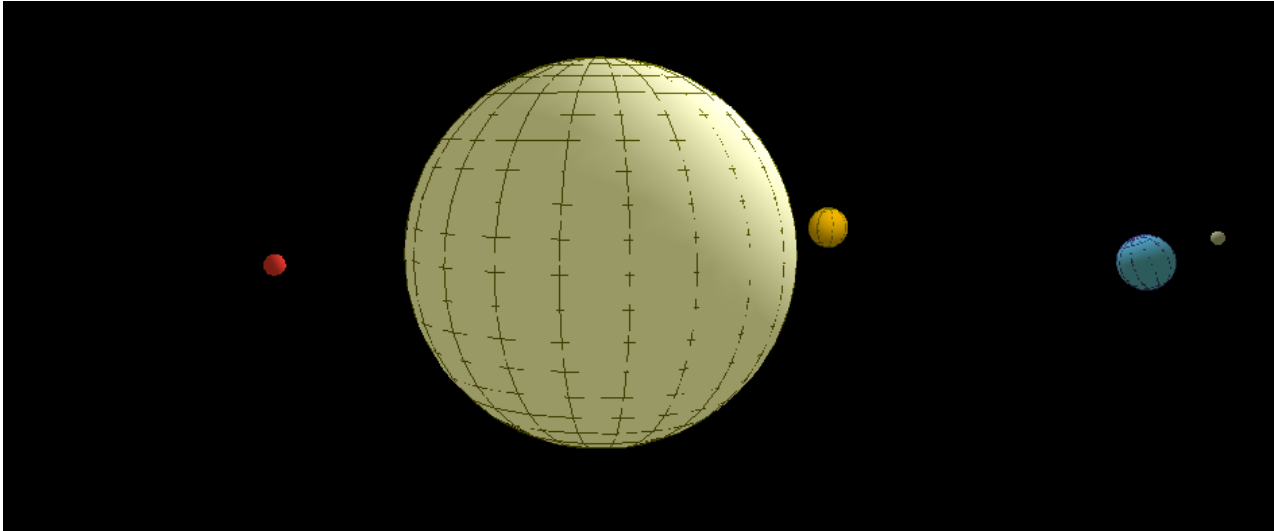


Fig. 2 Mercury, Venus, Earth and Moon

Additional possibility is the demonstration of sunlight reflection from the planets and their satellites.

The program is compact and can be used in studying the solar system to illustrate:

- The movement of the planets in the solar system.
- The movement of each planet and its satellites to the Sun.
- The size and location of each planet according to the other.

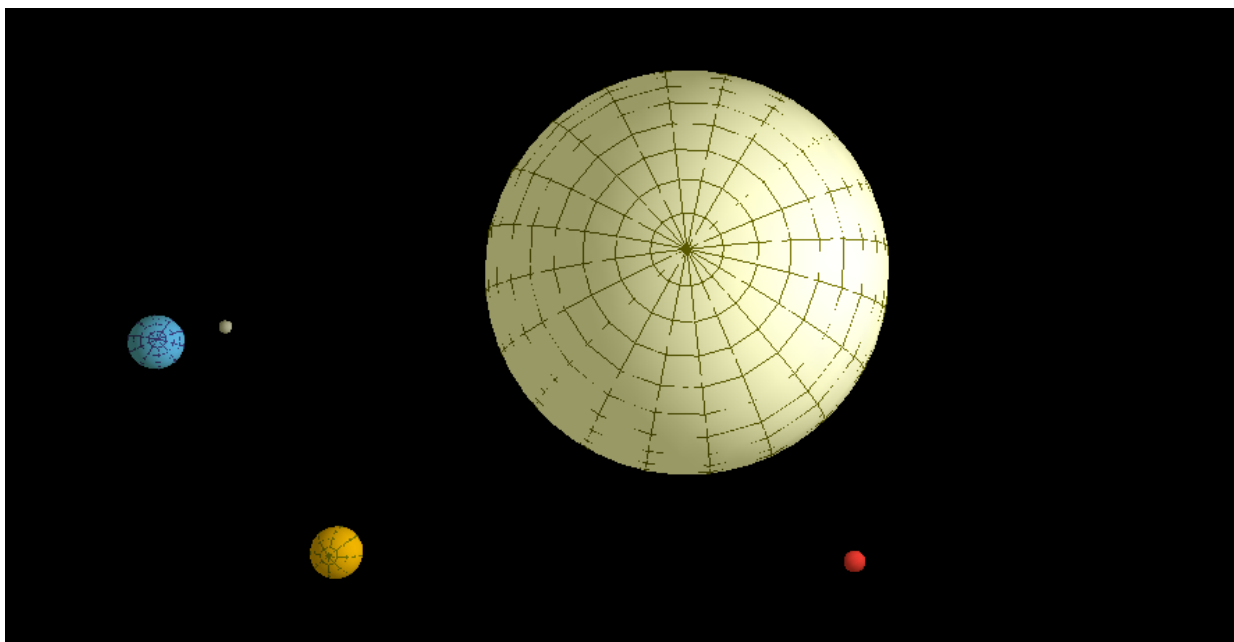


Fig. 3 Mercury, Venus, Earth and Moon

- The location of the asteroid belt.
- The type and movement of the ring of Saturn.

The model can be used in the subjects classes "Man and Nature" and "Physics and Astronomy" in extracurricular forms of education and training for National Astronomy Olympiad [4].

#### **References**

1. Кюркчиева, Д. Астрофизика, УИ „Епископ К. Приславски“, 2004г.
2. Николов, Н., В.Радева, Е.Илиева Астрономия, учебно помагало, изд.“Педагог 6“, 2003.
3. Павлова, Н., В.Радева, Д.Марчев, Д.Кюркчиева, Б.Борисов и др. Научно образователни стратегии, сп. Наука, бр.2/2014, том XXIV, стр.38-44 <http://www.bvu-bg.eu/nmvb/nauka/2-2014.pdf>
4. Програми за националната олимпиада по астрономия - 5.-6. клас; 7-8 клас; 9-10 клас; <http://astro-olymp.org/bgprograma.html>, 28.02.2017
5. Учебни програми по „Физика и астрономия“ за VII и VIII клас <http://www.mon.bg/?go=page&pageId=1&subpageId=28>, 28.02.2017.
6. Учебна програма по „Човекът и природата“ за V клас; <http://www.mon.bg/?go=page&pageId=1&subpageId=28>, 28.02.2017
7. Virtual reality, <http://virtualreality.headoff.com/>, 28.02.2017

#### **Христова Р.П. Интерактивна трехмерна модель Солнечной тсистемы**

**Анотация:** С помощью событийного программирования создается анимированная модель Солнечной системы. Модель позволяет в интерактивном режиме наблюдать движение отдельной планеты около Солнца и изменять перспективу наблюдателя. Можно представить себе одновременное движение отдельных или всех планет, а также продемонстрировать отражение солнечного света от планет и их спутников. Модель может быть использована при изучении Солнечной системы в средних школах.

**Ключевые слова:** трехмерная интерактивная модель Солнечной системы, управляемой событиями программирования, компьютерной анимации

#### **Hristova R.P. A three-dimensional interactive model of the Solar system**

**Abstract:** By the means of the event-driven programming an animated model of the solar system is created. The model allows interactively to observe the movement of an individual planet according to the Sun and change the perspective of the observer. It is possible to visualize the simultaneous movement of some or all planets and also to demonstrate the sunlight reflection of the planets and their satellites. The model can be used in studying the solar system in secondary schools.

**Key words:** three-dimensional interactive model, solar system, event-driven programming, computer animation

**Яровенко А.Г.,**  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри математики та інформатики,  
Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського,  
м. Вінниця, Україна  
*yar\_vdpu@ukr.net*

## **ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

В результаті багаторічних досліджень провідних вчених визначено професійну компетентність фахівця як ієрархічну систему компетенцій, рівні якої складають ключові, загально-галузеві (загально-професійні) та предметно-галузеві (спеціально-професійні) компетенції. Особливе місце в цій ієрархічній структурі належить компетенції з моделювання, оскільки вона є неодмінною складовою професійної компетентності фахівців практично всіх напрямів підготовки.

Сутність методології моделювання полягає в заміні об'єкта, що досліджується, його образом (моделлю) і подальшим вивченням моделі як аналітичними методами математики, так і за допомогою комп'ютерного (обчислювального) експерименту. Моделі, з однієї сторони, є продуктом вивчення властивостей відповідних об'єктів (предметів, систем, процесів та явищ) предметної області, з іншої – служать інструментом для поглиблення знань про них, а також розв'язування різноманітних прикладних задач.

На жаль доводиться констатувати, що проблемі формування у сучасних фахівців компетенції з моделювання приділяється мало уваги.

Вказана компетенція має формуватися в процесі вивчення як фундаментальних (фізико-математичних та інформатичних) так і спеціальних дисциплін. Оскільки вміння і навички побудови і дослідження моделей важливі для всіх спеціальних дисциплін професійної підготовки і мають використовувати знання з цих дисциплін, то логічно (і природно) було б передбачити розгляд конкретних математичних моделей і основних понять математичного моделювання у навчальних програмах цих дисциплін. Але на практиці це далеко не так. Недостатньо, або й зовсім не розглядаються ці питання в навчальних курсах, присвячених застосуванню сучасних комп'ютерних технологій, методів та засобів для розв'язання фахових задач.

Переважає більшість наукової та навчально-методичної літератури, в якій розглядаються питання моделювання об'єктів, присвячена моделюванню технічних систем. Серед невеликої кількості робіт, присвячених власне моделюванню та побудові моделей, можна виділити навчальні посібники [1,2] та вже класичні праці О. Самарського [3] і А. Мишкіса [4].

Метою даної роботи є розгляд питань побудови інформаційної моделі об'єкта, досліджуваного в навчальній (фаховій) задачі та її використання в процесі розв'язування такої задачі.

В літературі, особливо в навчально-методичній, приводиться багато означень терміну «об'єкт», які, претендуючи на оригінальність та загальність, звужують рамки визначення терміну, порушуючи власне загальність цього терміну. Наприклад, «Об'єкт – це будь-який реальний процес, явище чи ефект, який існує поза нашою свідомістю і є предметом теоретичного вивчення чи практичної діяльності». Очевидно, що обмеження категорії «об'єкт» тільки реальними чи уявними, природними чи штучними об'єктами (предметами, процесами, явищами) є недопустимим. Коректним буде певне обмеження визначення терміну «об'єкт» в сенсі його уточнення чи деталізації в конкретній предметній галузі. Наприклад: Об'єкт в програмуванні – це деяка сутність у віртуальному просторі, яка

характеризується певним станом і поведінкою, має задані значення властивостей (атрибутів) та операцій над ними (методів).

Під об'єктом дослідження (об'єктом-оригіналом) будемо розуміти окремих елемент чи систему, процес, явище або ефект в предметній області, поведінка якого досліджується (вивчається) з метою виявлення його основних властивостей та закономірностей чи особливостей функціонування.

Формально об'єкт дослідження можна подати у виді сукупності даних, які описують його властивості, стани, процес функціонування (поведінку) та утворюють множини незалежних та залежних змінних, які в загальному випадку не перетинаються. В будь-який момент часу стан об'єкта визначається значеннями його параметрів, а сукупність станів об'єкта утворює множину станів. Поведінка (процес функціонування) об'єкта описується деяким оператором, який в загальному випадку може бути заданий у виді функції, функціоналу, логічних умов, в алгоритмічній чи табличній формі, у виді словесного правила відповідності.

Дослідження певного об'єкту має на меті встановлення його природи, структури та властивостей, закономірностей та особливостей його еволюції і функціонування.

Основною задачею наукового дослідження є не вивчення лише одного, окремого об'єкту, але перенесення здобутих знань на всю множину подібних об'єктів. Таку множину об'єктів, на яку можуть бути розповсюджені результати одиничного дослідження, визначає теорія подібності, фундаментальними поняттями якої є поняття аналогії та подібності.

Для створення моделі об'єкту, яка з достатньою точністю характеризуватиме реальний об'єкт, необхідно навчитися збирати, правильно подавати й потім опрацьовувати дані про нього.

Часто для вивчення об'єкта достатньо мати необхідну інформацію про нього, подану у відповідній формі. В цьому випадку говорять про інформаційну модель об'єкта дослідження (ІМОД), яку визначимо наступним чином: ІМОД – це сукупність даних про досліджуваний в задачі об'єкт, які характеризують його найбільш істотні властивості і стани, принципово важливі для задачі, що розв'язується, і достатні для отримання її розв'язку.

Відомо, що процедура побудови моделі в загальному випадку не формалізована. В переважній більшості літературних джерел виділяються тільки узагальненні етапи моделювання, що є недостатнім для формування вмінь і навичок студентів. В даній роботі пропонується до розгляду схема побудови інформаційної моделі досліджуваних об'єктів.

**Висновки.** Вміння і навички побудови інформаційної моделі об'єкта дослідження є фундаментом компетенції з моделювання, яка є невід'ємною складовою професійної компетентності сучасного фахівця.

#### Література

1. Введение в математическое моделирование. Учеб. пособ. / Под ред. П.В. Трусова. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
2. Станжицький О.М. Основи математичного моделювання: Навч. посіб. / О.М. Станжицький, Є.Ю. Таран, Л.Д. Гординський. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 96 с.
3. Самарский А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.
4. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей/ А.Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.

#### **Яровенко А.Г. Інформаційне моделювання у викладанні фізико-математичних дисциплін.**

**Анотація.** Робота присвячена розгляду питань формування компетенції з інформаційного моделювання як складової професійної компетентності. Пропонується схема побудови інформаційної моделі об'єкта дослідження та аналізується можливість її використання в розв'язуванні фахових задач.

**Ключові слова:** компетенція, компетентність, задача, об'єкт дослідження, моделювання, інформаційна модель.

#### **Yarovenko A.G. Information modeling in the teaching of physical-mathematical sciences.**

**Abstract.** The work is devoted to consideration of the issues forming the competence of information modeling as part of professional competence. The proposed scheme of building information model objects of research and analyzed the possibility of its use in solving a professional tasks.

**Key words:** competence, task, the object of research, modeling, information model.



**Яровенко А.Г.**,  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри математики та інформатики,  
**Тимошенко О.З.**,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри математики та інформатики,  
Вінницький державний педагогічний  
університет імені Михайла Коцюбинського,  
м. Вінниця, Україна  
*yar\_vdpu@ukr.net*

## **ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ІНТЕРАКТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

Окремої уваги в процесі вдосконалення підготовки фахівців нової формації заслуговує розробка та впровадження нових засобів навчання, що визначається, в першу чергу, загальним розвитком комп'ютерної техніки. Комплексне використання програмно-апаратних засобів дозволяє інтенсифікувати навчальний-пізнавальний процес, наповнити його новим змістом, стимулювати мотивацію та самовдосконалення студентів, підвищити якість та ефективність навчання.

Реалізація діяльнісно-компетентнісного підходу в підготовці спеціаліста з математики (інформатики) сьогодні неможлива без використання пакетів прикладних програм професійного спрямування – систем комп'ютерної математики (СКМ) [1].

Метою даної роботи є розгляд питань застосування засобів інтерактивних обчислень в сучасних СКМ в процесі професійної підготовки фахівців фізико-математичного напрямку з метою підвищення ефективності формування їх ключових та предметно-галузевих компетенцій.

Серед великої кількості пакетів прикладних програм професійного спрямування виділимо універсальні СКМ Wolfram Mathematica, Maxima, Maple, MatLab, MathCAD. Кожна із вказаних систем включає засоби символічних та/або наближених обчислень, візуалізації результатів, підготовки вхідних даних у вигляді файлів, підсистеми для створення і розширення спеціалізованих бібліотек для розв'язання різноманітних задач наукового та навчального призначення. Використання вказаних СКМ в навчальному процесі є надзвичайно актуальним і перспективним, але, не зважаючи на різноманітні акції для навчальних закладів, вартість цих систем робить їх недоступними для більшості студентів. Саме тому стає надзвичайно актуальним використання засобів інтерактивних обчислень в середовищі сучасних СКМ.

Сьогодні швидко розвивається і стає все більш поширеною послуга on-line обчислень на спеціалізованих Інтернет-серверах. Підключення комп'ютерів навчальних закладів до глобальної мережі Інтернет і/або до корпоративної мережі Інтранет дозволяє не тільки користуватись інтерактивними довідниками, підручниками, посібниками, іншими навчально-методичними та інформаційними матеріалами, але й виконувати інтерактивні обчислення. Часто такі обчислення виконуються на потужних комп'ютерах з розпаралелюванням обчислювальних операцій, що забезпечує високу швидкість обчислень.

Серед переваг нової технології обчислень з використанням інтерактивних засобів необхідно відзначити:

- немає необхідності купувати та інсталиювати дорогі програмні засоби на комп'ютері кінцевого користувача – достатньо підключити комп'ютер до Інтернету і звернутись до обчислювального серверу через браузер Microsoft Internet Explorer (версії 5.5 і вище) або інший;

- можливість доповнювати систему специфічними функціями для розв'язування задач в конкретній області науки;

– виконані обчислення (методики обчислень) дуже просто опублікувати в Інтернет чи в Інтранет для інтерактивного використання.

Інтерактивні обчислення в середовищі однієї з найпотужніших і найпопулярніших (більше 1,8 млн. легальних користувачів) системи MathCAD виконуються з використанням технології MAS/MCS (MathCAD Application Server/MathCAD Calculation Server). Спеціалізований сервер MAS, розроблений компанією Mathsoft, забезпечує доступ до інтерактивних матеріалів та розрахунків за допомогою стандартного програмного забезпечення, не вимагаючи інсталяції додаткових програм чи модулів. Маючи велику кількість вбудованих функцій, MAS дозволяє розв'язувати широкий спектр прикладних задач та отримувати чисельні (наближені), символічні і/або графічні результати.

Один з відомих Інтернет-проектів інтерактивних обчислень в системі MathCAD підтримується освітнім математичним сайтом Exponenta.ru спільно з Санкт-Петербурзьким державним політехнічним університетом і надає користувачеві можливість виконання інтерактивних обчислень в таких розділах математики як математичний аналіз, лінійна алгебра, чисельні методи та математична статистика [2].

Інший відомий Інтернет-проект інтерактивних обчислень в системі MathCAD підтримується Московським енергетичним інститутом і ТОВ «Триеру» і [3]. На цьому обчислювальному сервері користувач має змогу розв'язувати як задачі з окремих розділів математики (математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь і систем, теорії ймовірностей і статистики), так і задачі економіки, тепло - та електроенергетики, будівництва, аналітичної хімії та інші.

Крім того на сайтах вказаних проектів розміщено велику кількість методичних та довідкових матеріалів, варіанти завдань для самостійного виконання, тести для самоперевірки.

**Висновки.** Ефективність формування фахової компетентності в процесі математичної підготовки студентів ВНЗ може бути істотно підвищена завдяки використанню пакетів прикладних програм професійного спрямування – систем комп'ютерної математики.

#### Література

1. Дьяконов В.П. Компьютерная математика / В.П. Дьяконов // Статьи Соросовского Образовательного журнала, 2001/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1161.html>.
2. Освітній математичний сайт Exponenta.ru / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mas.exponenta.ru/about/>.
3. Офіційний сайт ТОВ «Триеру» / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>

**Яровенко А.Г., Тимошенко О.З. Використання сервісів інтерактивних обчислень у викладанні математичних дисциплін.**

**Анотація.** В роботі розглядаються питання застосування систем комп'ютерної математики в процесі математичної підготовки студентів з метою підвищення ефективності формування їх фахової компетентності.

**Ключові слова:** компетентність, компетенція, програма, математика, система комп'ютерної математики, Інтернет, інтерактивні обчислення.

**Yarovenko A.G., Timoshenko O.Z The use of the services of interactive computing in the teaching of mathematical disciplines.**

**Abstract.** In this work deals with using computer mathematics systems in the process of teaching mathematics that aims at effective forming of their professional competence.

**Key words:** competence, program, mathematics, computer mathematics system, Internet, interactive computing.

## Зміст

<i>Передмова</i>	3
<i>В.П.Андрущенко. ВІТАЛЬНЕ СЛОВО РЕКТОРА</i>	4
<i>Дущенко Віктор Павлович (1922-1985)</i>	6
<b>Тематичний напрям ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ТЕПЛОФІЗИКИ ДИСПЕРСНИХ І ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ Секція І .....</b>	<b>8</b>
<i>Баглюк С.В., Лазаренко М.В., Алексєєв О.М., Лазаренко М.М.</i> РЕЛАКСАЦІЙНА СПЕКТРОМЕТРІЯ ТА ЇЇ ПРИКЛАДНЕ ЗНАЧЕННЯ.....	9
<i>Бендик А.А., Пустовий О.М., Шепета О.М.</i> ПРОСТОРОВІ ГРУПИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У КВАНТОВІЙ ТЕОРІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА .....	11
<i>Білюк А.А., Семчук О.Ю., Білюк А.І.</i> ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ХАРАКТЕР ЗМІНИ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ Si I SiO <sub>2</sub> .....	13
<i>Буланін Ф.К., Роговська О.С., Полетаєв Н.И., Сидоров А.Е., Шевчук В.Г., Опарин А.С.</i> ВОСПЛАМЕНЕНИЕ И ГОРЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ГАЗОВЗВЕСЕЙ.....	15
<i>Василенко С.Л., Січкач Т.Г., Тульженкова О.С., Ярошко А.Л.</i> ТЕПЛОФІЗИЧНІ ТА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ.....	18
<i>Динжос Р.В., Рангелов С., Косева Н.,</i> ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕТИЛМЕТАКРИЛАТУ .....	21
<i>Динжос Р.В., Фіалко Н.М., Махровський В.М.</i> АНАЛІЗ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ АЛЮМІНІЄМ .....	24
<i>Думенко В.П.</i> СУЧАСНІ ЛАЗЕРНІ ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ МЕТОДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ В БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИНАХ.....	27
<i>Зазимко Н.М., Малезжик М.П., Малезжик П.М.,</i> УТОЧНЕНІ СПІВВІДНОШЕННЯ ДЛЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В'ЯЗКОПРУЖНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДИНАМІЧНІЙ ФОТОПРУЖНОСТІ.....	29
<i>Калінчак В.В., Черненко О.С.</i> ЗАПАЛЮВАННЯ ТА САМОПІДТРИМУЮЧЕ ГОРІННЯ ГАЗОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ З ДОМІШКАМИ ГОРЮЧОГО ГАЗУ НА ПЛАТИНОВОЇ НИТЦІ .....	32

<b>Касіяненко В.Х., Бурдейний В.М., Мельник М.Д., Недибалюк А.Ф.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК $I=f(V)$ НАНО-БІОНЕОРГАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІРУСУ ТЮТІОНОВОЇ МОЗАЇКИ ТА НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА.....	36
<b>Копійка О.К., Олифиренко Ю.О., Калінчак В.В., Дараков Д.С.</b> ВИПАРОВУВАННЯ КРАПЕЛЬ БІНАРНОЇ СУМІШІ БІОПАЛІВ .....	38
<b>Кравчук А.В., Авраменко А.А.</b> МОНТЕ–КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НАНОЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ .....	41
<b>Куземко Р.Д., Калінчак В.В., Козловцев С.В., Черненко А.С.</b> ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НЕСУЩЕГО ГАЗА НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУИ В РАСПЛАВ .....	44
<b>Луценко В.Ю., Жазров А.С., Оселедчик Ю.С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА В НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕМПЕРАТУРНОМУ ПОЛІ .....	46
<b>Маруженко О.В., Мамуня Є.П., Буато Жизель, Прювост Себастьян</b> ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ І ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ З ВПОРЯДКОВАНИМИ КАРБОНОВИМИ НАПОВНІЮВАЧАМИ.....	48
<b>Matkowska L.K., Iurzhenko M.V.</b> THERMAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITES BASED ON THE ALIPHATIC AND AROMATIC OLIGOMERS AND THE LITHIUM PERCHLORATE SALT. ....	50
<b>Матковська О.К.</b> ТЕРМОМЕХАНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ З ЕФЕКТОМ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ.....	52
<b>Місюра А.І., Мамуня Є.П.</b> ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ТА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ.....	55
<b>Рахманкулов А.А.</b> ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАЛОЗОЛЬНОГО ГРАФИТА В ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДЕ НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.....	62
<b>Рахманкулов А.А., Барановский В.М.</b> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ БРОНЗЫ В ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДЕ НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.....	66
<b>Рево С.Л., Мельниченко М.М., Наматда С., Іваненко К.О., Јари А., Королік А., Курята М.</b> СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ КОМПОЗИЦІЙ, ОДЕРЖАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПОРОШКІВ ЗАЛІЗА, МІДІ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК .....	70

<i>Січкач Т.Г., Троць В.І., Шморгун А.В.</i> ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОПРОМІНЕНОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОМ ПОЛЕПОКСИДА.....	71
<i>Черненко О.С., Калінчак В.В., Калінчак В.В., Шевчук В.Г., Куземко Р.Д., Корчагіна М.М.</i> ВПЛИВ ДІАМЕТРА ВУГЛЕЦЕВОЇ ЧАСТИНКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ІІ ЗАПАЛЮВАННЯ, СТІЙКОГО ГОРІННЯ І САМОВІЛЬНОГО ЗГАСАННЯ В ХОЛОДНИХ АЗОТНО-КИСНЕВИХ СУМІШАХ.....	73
<i>Шевчук В.Г., Калінчак В.В.</i> СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИЗИКИ ГОРЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ	77
<i>Шевчук Т.М., Бордюк М.А.</i> СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРНИХ АУКСЕТИКІВ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ .....	79
<i>Шут М.І., Рокицька Г.В., Розанович В.Ю., Челнокова С.М., Рокицький М.О.</i> АНАЛІЗ РЕЛАКСАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПЕНТАПЛАСТ – AgI .....	81
<i>Шут М.І., Рокицький М.О., Тульженкова О.С., Шут А.М.</i> ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ СИСТЕМИ ПХТФЕ – SnO <sub>2</sub> .....	84
<i>Yanchevsky L.K.</i> DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE RELAXATION SPECTRUM OF POLYMERS FROM THE RESULTS OF CALORIMETRIC MEASUREMENTS .....	87
<b>Тематичний напрям</b> <b>ІСТОРІЯ, МЕТОДОЛОГІЯ І МЕТОДИ НАВЧАННЯ</b> <b>ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ВНЗ</b> <b>Секція ІІ</b> .....	90
<i>Аветісян Є.О., Дятлов Ю., Шенета О.М.</i> ОПЕРАЦІЙНЕ ЧИСЛЕННЯ: ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ.....	91
<i>Аликулов Т.А.</i> РОЛЬ МАТЕМАТИКИ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ДИСЦИПЛІН В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ .....	94
<i>Благодаренко Л.Ю.</i> МЕТОДИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАСІБ СТАНОВЛЕННЯ ДИСКУРСИВНОГО ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ .....	97
<i>Благодаренко Л.Ю., Семенишена Р.В.</i> ЗДІЙСНЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОЦЕДУР В НАВЧАННІ ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ.....	101

<i>Бойчук В.М., Стинська В.В, Паращук Т.О., Гасюк І.М.</i> ПРОЕКТИ ЯК ІННОВАЦІЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ .....	104
<i>Бойчук Т.О.</i> СИСТЕМА ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ЕКОНОМЕТРІЇ .....	106
<i>Бродин І.І., Кланічка В.М, Ліщинський І.М.</i> РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ .....	107
<i>Бродин І.І., Ліщинський І.М., Бойчук В.М., Гасюк І.М., Яблонь Л.С</i> УРОК ФІЗИКИ У ТЕХНОЛОГІЇ ОСОБИСТІСНО– ЗОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ .....	110
<i>Василенко Н.М.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ НАТУРАЛЬНИХ ЧИСЕЛ В КУРСІ «ЧИСЛОВІ СИСТЕМИ» СТУДЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПЕДАГОГІЧНИХ ВУЗІВ .....	113
<i>Головко М.В.</i> СТАНОВЛЕННЯ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ .....	115
<i>Гончаренко Я.В.</i> НАУКОВО-ДОСЛІДНА ПРАКТИКА В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «МАТЕМАТИКА» .....	118
<i>Горбачук І.Т., Горбачук В.О., Мусієнко Ю.А.</i> ДЕЯКІ ПИТАННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ І ПЕРСПЕКТИВИ .....	120
<i>Грищенко О.В., Сергієнко В.П.</i> ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ ДО ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ УЧНІВ .....	123
<i>Грищенко О.С., Пудченко С.А.</i> М.М. БОГОЛЮБОВ – ТВОРЕЦЬ ФІЗИКИ СУЧАСНОСТІ.....	125
<i>Демкова В.О.</i> ЛАБОРАТОРНА РОБОТА «ОСВОЄННЯ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ» ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМІНЬ І НАВИЧОК СТУДЕНТІВ .....	127
<i>Дідовик М.В.</i> ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЯ ТА НАСТУПНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ЯК ПЕРЕДУМОВА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ.....	130

<b>Ілляшенко В.Я.</b> ІСТОРИКО-МЕТОДОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ В УНІВЕРСИТЕТІ .....	133
<b>Козеренко С.І.</b> РОЛЬ ВИВЧЕННЯ ОСНОВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ В ШКОЛІ В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ .....	136
<b>Мисліцька Н.А., Заболотний В.Ф.</b> МЕТОДИЧНА ПРОПЕДЕВТИКА В ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ .....	138
<b>Нечипорук Б.Д., Новоселецький М.Ю.</b> ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ У ПРОФЕСІЙНОМУ СТАНОВЛЕННІ ФАХІВЦЯ-ЕКОЛОГА .....	141
<b>Нещерет О.С.</b> ВИКОРИСТАННЯ МАХІМА ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ .....	145
<b>Петруньок Т.Б.</b> МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАВДАНЬ ПРОФЕСІЙНОГО ЗМІСТУ У НАВЧАННІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ .....	147
<b>Працьовитий М.В. Гончаренко Я.В. Лисенко І.М. Савченко І.О. Маслова Ю.П.</b> ФРАКТАЛЬНА ГЕОМЕТРІЯ ЧИСЛОВИХ РЯДІВ І ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТОХАСТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ, З НИМИ ПОВ'ЯЗАНИХ .....	150
<b>Працьовитий М.В., Маслова Ю.П.</b> ДВІЙКОВО-П'ЯТІРКОВА КАНТОРІВСЬКА СИСТЕМА ЗОБРАЖЕННЯ ДРОБОВОЇ ЧАСТИНИ ДІЙСНОГО ЧИСЛА .....	155
<b>Пудченко С.А.</b> ДЕЯКІ НОТАТКИ НАУКОВОЇ І ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОФЕСОРА В.П. ДУЩЕНКА .....	158
<b>Рибак О. В., Скуратовський Р.В.</b> МОДИФІКАЦІЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ І МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ .....	162
<b>Сальник І.В.</b> СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ЯК СУЧАСНА ТЕНДЕНЦІЯ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ .....	165

**Скуратовський Р.В.**

СТРУКТУРА І МІНІМАЛЬНІ СИСТЕМИ ТВІРНИХ СИЛОВСЬКИХ  
2-ПІДГРУПП ЗНАКОЗМІННИХ ГРУП  $A_{2^k}$ ,  $A_n$  І СИМЕТРИЧНОЇ  
ГРУПИ, ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В КРИПТОГРАФІЇ ..... 169

**Слободянюк І.Ю.**

ПІДВИЩЕННЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ МОТИВАЦІЇ ГУМАНІТАРІЇВ  
ДО ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ..... 171

**Сусь Б.А.**

РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ  
КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ ..... 174

**Ткаченко І., Краснобокий Ю.**

ДІЯЛЬНІСНА СКЛАДОВА У ФОРМУВАННІ ПРИКЛАДНИХ ЗНАНЬ  
СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ..... 177

**Ткаченко О.К., Новицький С.В., Зіновчук А.В., Рудніцький В.Л.**

ВИВЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ В ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ  
ЕКСПЕРИМЕНТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК ..... 179

**Ткаченко О.К., Свищ Б.В., Степанчиков Д.А.**

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ  
ШКОЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САМОРОБНИХ ПРИЛАДІВ ..... 182

**Точиліна Т.М.**

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ САМОСТІЙНОСТІ  
СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ У ВИЩОМУ ТЕХНІЧНОМУ  
НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ ..... 185

**Філіпенко І.І.**

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ФІЗИКИ У ТЕХНІЧНОМУ  
ВУЗІ В УМОВАХ ОБМЕЖЕННЯ ЧАСУ ..... 188

**Філоненко М.М.**

ЛАШКАРЬОВ В.Є. – ПЕРШОВІДКРИВАЧ  $p$ - $n$  ПЕРЕХОДУ ..... 190

**Чернявський В.В.**

ЗНАЧЕННЯ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ ДЛЯ УСВІДОМЛЕНОГО ЗАСВОЄННЯ ЗМІСТУ  
ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО ЦИКЛУ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ..... 193

**Шевчук Т.М.**

СИНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ЗНАНЬ  
ПРО МАКРОМОЛЕКУЛЯРНІ СИСТЕМИ У СТУДЕНТІВ  
ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ПЕДАГОГІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ..... 196



<b>Яровенко А.Г.</b> ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН .....	200
<b>Яровенко А.Г., Тимошенко О.З.</b> ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ІНТЕРАКТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН .....	202
<b>Тематичний напрям</b> <b>СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ І НАУЦІ</b> <b>Секція ІІІ</b> .....	204
<b>Войтович І.С.</b> ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ МУЗЕЮ ПРИРОДИ, НАУКИ І ТЕХНІКИ .....	205
<b>Воеводин С.В.</b> НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА .....	207
<b>Гнедко Н.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ЗАСІБ САМООСВІТИ ПЕДАГОГІВ .....	210
<b>Гриб'юк О.О.</b> СУЧАСНІ ВИКЛИКИ STEM-ОСВІТИ: ІЗ ДОСВІДУ РОБОТИ В РАМКАХ ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ РОБОТИ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО РІВНЯ «ВАРІАТИВНІ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ» .....	213
<b>Гришук А. М., Корнійчук П.П., Гришук В. В.</b> СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОЇ АЛГЕБРИ «МАТНЕМАТІСА» ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ .....	217
<b>Эшматов Б.Э., Рузимуродов И.Н.</b> СОЗДАНИЕ ГРАФИКОВ С ПОМОЩЬЮ БАЗЫ ИНФОРМАЦИИ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММЫ BORLAND DELPHI 7 .....	219
<b>Кривцов В. В., Кривцов В. В.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ТА ВИЩІЙ ШКОЛІ.....	221
<b>Моклюк М.О., Сільвейстр А.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ .....	224
<b>Нещерет О.С.</b> ВИКОРИСТАННЯ МАХІМА ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ	

СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ.....	227
<b>Стариков С.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ.....	229
<b>Сушко О.С., Кньовець Ю.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КУРСІ «МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ» СТУДЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ .....	231
<b>Фетісов В. С.</b> СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕСТУ В MOODLE.....	233
<b>Hristova R.P.</b> A THREE-DIMENSIONAL INTERACTIVE MODEL OF THE SOLAR SYSTEM.....	235
<b>Яровенко А.Г.</b> ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН .....	238
<b>Яровенко А.Г., Тимошенко О.З.</b> ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ІНТЕРАКТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН .....	240

**Матеріали доповідей**  
Міжнародної науково-практичної конференції  
**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ І НАУКИ»**,  
присвяченої 95-річчю від дня народження доктора технічних наук,  
професора Дущенко Віктора Павловича

НПУ імені М.П.Драгоманова  
25-26 травня 2017 року  
м.Київ, Україна

**Редакційний комітет**

**Горбачук Іван Тихонович** – кандидат фізико-математичних наук, професор(голова редакційного комітету).

**Горбачук Василь Олександрович** – асистент кафедри методики та методології навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи.

**Січкач Тарас Григорович** – кандидат фізико-математичних наук, професор.

**Сушко Олександра Сергіївна** – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри методики та методології навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи

**Пудченко Сергій Анатолійович** – аспірант методики та методології навчання фізико-математичних дисциплін вищої школи.

**Шут Микола Іванович** – доктор фізико-математичних наук, професор, академік НАПН України.

Редакційний комітет не завжди поділяє погляди авторів матеріалів конференції.

**Автори** опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за добір, точність наведених фактів, цитат, статистичних даних, власних імен та інших відомостей.

Матеріали друкуються мовою оригіналу.

Технічне редагування, верстка – **Мусієнко Юлія Анатоліївна**



Підписано до друку 22.05.2017 р. Формат 60x84/8.

Папір офісний. Гарнітура Times New Roman.

Ум. др. арк. 29,06. Обл.-вид. арк. 16,92

Тир. 100 прим. Зам. № 161.

Віддруковано з оригіналів.

---

Видавництво Національного педагогічного університету  
імені М.П. Драгоманова. 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9  
Свідоцтво про реєстрацію ДК № 1101 від 29.10.2002. (044) 234-75-87  
Віддруковано в друкарні Національного педагогічного університету  
імені М.П. Драгоманова (044) 239-30-26