

Міністерство освіти і науки України  
Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка



**ВІСНИК**  
**КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО**  
**НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
імені Івана Огієнка  
**Фізико-математичні науки**

**Випуск 14**

Кам'янець-Подільський  
2021

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:  
Серія КВ № 14707-3678 ПР від 12.12.2008 р.

Друкується згідно з ухвалою вченої ради Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 15 від 28 грудня 2021 р.).

Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. Випуск 14. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2021. 60 с.

### **Рецензенти:**

**Герасименко В.І.** – доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник, Інститут математики НАН України;

**Корець М.С.** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, проректор, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова.

### **Редакційна колегія:**

**Гудима У.В.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри математики;

**Іванюк В.А.** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук;

**Кух А.М.** – доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри фізики;

**Оптасюк С.В.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри фізики;

**Теплінський Ю.В.** – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математики;

**Федорчук В.А.** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних наук;

**Щирба В.С.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, декан фізико-математичного факультету.

**Відповідальний секретар** – **Р.М. Білик**, кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри фізики, заступник декана фізико-математичного факультету з наукової роботи та інформатизації навчального процесу.

## ЗМІСТ

<i>Білик Р.М.</i> Особливості формування природничо-наукової компетентності майбутнього фахівця фізики.....	4
<i>Гудима У.В., Гнатюк В.О.</i> Умови існування екстремального елемента для узагальненої задачі Штейнера в метричному просторі обмежених замкнених множин лінійного нормованого простору.....	8
<i>Думанська Т.В.</i> Розвиток геометричної компетентності майбутніх учителів математики під час навчання елементарної математики (геометрії).....	13
<i>Євтушенко Т.А., Пилипюк Т.М.</i> Штучні нейронні мережі та їх застосування в задачах прогнозування на основі часових рядів.....	16
<i>Килимник С.М., Кух А.М., Кух А.М.</i> Компетентнісні професійно-орієтовані завдання при вивченні фізики студентами коледжів.....	21
<i>Кушнірук А.В., Поведа Т.П.</i> Використання тестових технологій для оцінювання навчальних досягнень учнів з фізики.....	26
<i>Марисюк А.А., Пилипюк Т.М.</i> Застосування штучних нейронних мереж для прогнозування курсу криптовалют.....	29
<i>Пищаль А.О., Кух А.М., Кух О.М.</i> Цифрові технології в навчанні фізики в школі.....	35
<i>Кух А.М., Пищаль А.О., Кух О.М.</i> Виконання навчальних STEM проєктів з фізики у віртуальному середовищі Autodesk Tinkercad.....	39
<i>Підгрушняк Н.О., Поведа Т.П.</i> Активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі вивчення розділу фізики «Механіка».....	44
<i>Сорич В.А., Сорич Н.М.</i> Сумісне рівномірне наближення сумами Фур'є згорток функцій із заданим модулем неперервності.....	48
<i>Чорна О.Г., Рачковський О.М.</i> Підготовка майбутнього вчителя до здійснення безпечної діяльності у закладах освіти.....	54

УДК 53(07)+372.853

**Білик Р.М.** кандидат педагогічних наук,  
старший викладач кафедри фізики

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ ФІЗИКИ**

*Матеріали статті присвячені процесу формування природничо-наукової компетентності майбутнього фахівця фізики. Обґрунтована пріоритетність освітніх інтеграційних тенденцій у якісному навчання молоді (проекти – STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) та STEAM-освіти (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics)).*

**Ключові слова:** фізика, STEM-освіта, експериментаторські якості, бінарність освітнього процесу.

Актуальність здійснених нами наукових досліджень, перш за все, доказово співвідноситься з необхідністю значного підвищення рейтингу професій природничо-наукового спрямування, який сьогодні катастрофічно низький (ТОП-10 популярних серед нинішніх абітурієнтів професій – яскраве тому підтвердження). Тільки завдяки підвищенню престижу майбутнього педагога природничо-наукового профілю можемо сподіватися, у близькій перспективі, на підготовку компетентних молодих фахівців, здатних долучатися до реалізації важливих державних програм, пов'язаних зі створенням високоточної військової техніки, впровадженням нанотехнологій, розробкою і втіленням елементів космічних програм тощо.

Інноваційність здійсненого дослідження вбачаємо у дієвому поєднанні двох феноменальних дидактичних ліній:

1) впровадження освітніх інтеграційних тенденцій в якісне навчання молоді (проекти – STEM- (Science, Technology, Engineering and Mathematics) або STEAM-освіти (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics));

2) забезпечення тотальної природничо-наукової грамотності учнівської та студентської молоді (проекти – УЦОЯО (Український центр оцінювання якості освіти)).

Оптимістичний прогноз: в умовах реалізації презентованого наукового проекту природничо-наукова компетентність та професійно-науковий світогляд стануть важливими пріоритетами в житті кожної людини. На такому підґрунті можемо очікувати багато корисних науково-технічних знахідок і впроваджень.

Інтеграція України в загальноєвропейський освітній простір усе більш явно ставить у центр вітчизняної системи освіти пріоритети особистості. Складність і неоднозначність змін, що відбуваються в нашому суспільстві, ставлять педагога перед необхідністю ціннісного самовизначення, вимагають від нього реалізації демократичних і гуманістичних принципів у педагогічній діяльності, підвищення рівня його професійної підготовки. Це вимагає переходу від типових педагогічних технологій навчання до особистісно-

орієнтованих [1].

У дидактичній практиці поняття «суб'єкт» стосовно того, хто навчається, є певна особа чи група осіб, які через діяльність пізнають буття і завдяки цьому змінюють його. Отже, ця взаємодія діалектична: буття творить суб'єкт, а суб'єкт творить буття. Таке розуміння суб'єкта надзвичайно важливе для дидактики. У процесі навчально-пізнавальної діяльності студент стає суб'єктом, потенційно готовим до самоактуалізації, самовизначення, саморозвитку і самореалізації у професійній діяльності, а ставши суб'єктом цієї діяльності, він змінює дійсність. На нашу думку, навчання має ґрунтуватися на суб'єктності людини як першооснові учіння, визнавати за нею права на самовизначення і самореалізацію в навчально-пізнавальній діяльності через оволодіння її способами. Таке твердження вимагає кардинальної зміни мети й ціннісних орієнтацій навчального процесу, оновлення змістового компонента і його гуманітаризації, перебудови технології та її гуманізації й демократизації, зміни методики діяльності педагога та розширення в ній технології співробітництва, коригування характеру навчально-пізнавальної діяльності того, хто навчається, як суб'єкта навчального процесу.

Все це кардинально змінює функції навчального процесу, основними серед яких стають розвивальна і функція самовдосконалення, а не навчальна і виховна, як у традиційній системі. У такому розумінні освіта справді гуманізується, бо вона всебічно сприятиме розвитку людини, допомагатиме її інтелектуальному, духовному й фізичному збагаченню, ненасильницькій соціалізації в умовах навчально-пізнавальної діяльності.

Це насамперед вимагає суттєвої корекції змісту освіти та шляхів і методів її реалізації. Змістовий компонент навчального процесу має охоплювати, з одного боку, все те, що потрібно для формування і розвитку особистості, а з іншого – для формування особистості професіонала.

Під час конструювання і реалізації навчального процесу враховується суб'єктний досвід кожної людини, його соціалізація в умовах освітньо-виховних систем, оскільки в межах особистісного підходу суттєво змінюються орієнтири, за якими відбувається життя людини та її взаємодія з соціальним середовищем і професійними подіями. Саме діяльність стає засобом розвитку людини, а якщо вона не забезпечує цього розвитку, не задовольняє потреб людини, вона повинна прагнути її змінити [2]. Цього можна досягти шляхом упровадження в навчальний процес нової педагогічної технології, в основі якої – розуміння, активний діалог, самоуправління, взаєморозуміння, що передбачають суб'єкт-суб'єктні взаємини між педагогами та тими, хто навчається.

Однією з найпростіших ланок, з яких складається особистісно орієнтоване навчання, є педагогічна ситуація. Це така навчальна ситуація, опинившись у якій людина повинна шукати сенс, враховуючи власні інтереси, побудувати образ свого буття, обрати модель творчої діяльності, дати критичну її оцінку. Такі завдання неможливо розв'язати лише на рівні знань і репродукції. Тут немає простих відповідей, рішень та істин. Переживання і вихід з такої ситуації – не минуле і майбутнє людини, а її сьогодення. Одне і теж саме заняття різним студентам дає різний пізнавальний і життєвий досвід.

Необхідність розробки особистісно орієнтованої технології вивчення фізики пов'язана зі значимістю цієї дисципліни для формування світогляду людей, знання основ якої потрібні широкому колу випускників у майбутній практичній і професійній діяльності і здатність забезпечити формування багатомірного комплексу психологічних якостей особистості. Навчання фізиці супроводжується різними труднощами, подолання яких можливе при наявності в молодих людей стійкого інтересу до пізнання як цієї дисципліни, так і до відповідної наукової галузі, до застосування отриманих знань в практичній діяльності, до розуміння наукової картини світу.

Призначення особистісно орієнтованих технологій полягає в тому, щоб підтримувати і розвивати природні якості людини, її здоров'я й індивідуальні здібності, допомагати в становленні її суб'єктності, соціальної активності, культурної ідентифікації, творчій самореалізації особистості.

Зупинимось на окресленні та технологічній інтерпретації шляхів удосконалення професійної підготовки майбутніх учителів фізики, очевидність яких зумовлюється самою природою особистісно орієнтованого навчання [8-16; 18-20].

Удосконалення фундаментальної професійної підготовки, зокрема учителів фізики, повинно більшою мірою базуватися на суб'єкт-суб'єктній основі. При цьому має бути підсилена і чітко визначена роль самого студента в навчальному процесі. Головний спосіб реалізації особистісного підходу в навчанні – зробити навчання сферою самоствердження особистості. Педагогічні зусилля будуть успішними лише за умови активізації власних сил особистості викладача і студента. Особистісно орієнтоване навчання реалізується через діяльність, що має не лише зовнішні загальні атрибути, а і своїм внутрішнім змістом передбачає співробітництво, саморозвиток суб'єктів навчального процесу виявлення їхніх особистісних функцій.

Технологізація особистісно орієнтованого освітнього процесу передбачає спеціальне конструювання навчального дидактичного матеріалу, методичних рекомендацій для його використання, форм контролю за особистісним розвитком в ході навчально-пізнавальної діяльності. Тільки при реалізації принципу суб'єктності освіти можна говорити про особистісно орієнтовані технології.

За теперішнього стану речей варто від авторитарних, пояснювально-ілюстративних технологій навчання все більш рішуче переходити на технології дослідництва, пошуку, творчого навчання, коли на перший план виходить учень, як суб'єкт-діяч, а не суб'єкт-виконавець, має бути присутня зорієнтованість на власний досвід, на пошукову і творчу активність, а цього можна досягти через належну фахову підготовку майбутнього учителя.

В такому ракурсі методична складова професійної підготовки майбутнього учителя фізики має розгортатися через поєднання цільових орієнтацій змісту шкільного курсу фізики та змісту методики його викладання.

Досвід застосування описаної технології [4] бінарності у формуванні експериментаторських якостей та педагогічного кредо майбутнього учителя фізики дає підстави зробити наступний висновок: в умовах вимог особистісно-

орієнтованого навчання [5] та переходу на сучасні стандарти фізичної освіти [6] існує реальний шлях дієвої підготовки фахівця на основі орієнтирів цільових навчальних програм (фізика + методика навчання фізики).

### Список використаних джерел:

1. Атаманчук П.С. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів : монографія / П.С. Атаманчук, О.П. Панчук. – Кам'янець-Подільський : К-ПНУ, 2011. – 252 с.
2. Атаманчук П.С. Інноваційні технології управління навчанням фізики : монографія / П.С. Атаманчук. – Кам'янець-Подільський : К-ПДП, 1999. – 172 с.
3. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності : монографія / П.С. Атаманчук. – Кам'янець-Подільський : К-ПДП, 1997. – 136 с.
4. Дидактика фізики: избранные аспекты теории и практики : коллективная монография / П.С. Атаманчук, А.А. Губанова, О.Н. Семерня, Т.П. Поведа, В.З. Никорич, С.В. Кузнецова. – Каменец-Подольский – Кишинев: Каменец-Подольский: «Друк-Рута», 2019. – 360 с.
5. Атаманчук П.С. Управление процессом становления будущего педагога. Методологические основы: Монография. – Издатель: Palmarium Academic Publishing ist ein Imprint der, Deutschland, 2014. – 137 p.
6. PISA: природничо-наукова грамотність / уклад. Т.С. Вакуленко, С.В. Ломакович, В. М. Терещенко, С.А. Новікова; перекл. К. Є. Шумова. – К. : УЦОЯО, 2018. – 119 с.

*The materials of the article are devoted to the process of formation of natural-science competence of a future specialist in physics. The priority of educational integration trends in quality education of young people (projects - STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) and STEAM-education (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics)) is substantiated.*

**Key words:** physics, STEM-education, experimental qualities, binarity of educational process.

УДК 517.5

Гудима У.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Гнатюк В.О., кандидат фізико-математичних наук, доцент

**УМОВИ ІСНУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА  
ДЛЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ЗАДАЧІ ШТЕЙНЕРА В МЕТРИЧНОМУ  
ПРОСТОРІ ОБМЕЖЕНИХ ЗАМКНЕНИХ МНОЖИН ЛІНІЙНОГО  
НОРМОВАНОГО ПРОСТОРУ**

У статті для узагальненої задачі Штейнера в метричному просторі обмежених замкнених множин лінійного нормованого простору встановлено умови існування екстремального елемента для цієї задачі.

**Ключові слова:** гаусдорфова відстань, задача Штейнера, умови існування.

**Постановка задачі.** Нехай  $(X, \|\cdot\|)$  – лінійний над полем дійсних чисел нормований простір,  $O(X)$  – множина всіх обмежених замкнених множин простору  $X$ ,

$$h(A, B) = \max \left\{ \sup_{x \in A} \inf_{y \in B} \|x - y\|, \sup_{y \in B} \inf_{x \in A} \|y - x\| \right\} -$$

гаусдорфова відстань між множинами  $A$  та  $B$  із  $O(X)$ ,  $A_i \in O(X)$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $c_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , – фіксовані додатні дійсні числа,  $V \subset X$ .

Узагальненою задачею Штейнера у метричному просторі  $(O(X), h)$  будемо називати задачу відшукування величини

$$E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) = \inf_{x \in V} \sum_{i=1}^m c_i h(x, A_i). \quad (1)$$

Для всіх  $x \in X$ ,  $i \in \{1, \dots, m\}$  маємо, що

$$\begin{aligned} h(x, A_i) &= \max \left\{ \sup_{z \in \{x\}} \inf_{y \in A_i} \|z - y\|, \sup_{y \in A_i} \inf_{z \in \{x\}} \|y - z\| \right\} = \\ &= \max \left\{ \inf_{y \in A_i} \|x - y\|, \sup_{y \in A_i} \|y - x\| \right\} = \sup_{y \in A_i} \|x - y\|. \end{aligned}$$

Тому задачу відшукування величини (1) можна подати у такому вигляді

$$E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) = \inf_{x \in V} \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x - y\|. \quad (2)$$

Якщо існує елемент  $x^* \in V$ , для якого

$$\sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x^* - y\| = E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right),$$

то його будемо називати екстремальним елементом для величини (2) або узагальненою точкою Штейнера відносно  $V$  множин  $A_i \in O(X)$ ,  $i = \overline{1, m}$ .



**Терема 1.** Цільова функція  $\varphi(x) = \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x - y\|$ ,  $x \in X$ , задачі відшукування величини (2) є опуклою на  $X$ , задовольняє на  $X$  умові Ліпшиця з константою  $L = \sum_{i=1}^m c_i$ , отже, є неперервною на  $X$ .

Доведення. Нехай  $x_1, x_2 \in X$ ,  $\alpha \in [0,1]$ . Маємо, що

$$\begin{aligned} \varphi((1-\alpha)x_1 + \alpha x_2) &= \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|(1-\alpha)x_1 + \alpha x_2 - y\| = \\ &= \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|(1-\alpha)(x_1 - y) + \alpha(x_2 - y)\| \leq \\ &\leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} ((1-\alpha)\|x_1 - y\| + \alpha\|x_2 - y\|) \leq \\ &\leq (1-\alpha) \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_1 - y\| + \alpha \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_2 - y\| = (1-\alpha)\varphi(x_1) + \alpha\varphi(x_2). \end{aligned}$$

Отже, для всіх  $x_1, x_2 \in X$ ,  $\alpha \in [0,1]$

$$\varphi((1-\alpha)x_1 + \alpha x_2) \leq (1-\alpha)\varphi(x_1) + \alpha\varphi(x_2).$$

Звідси випливає, що  $\varphi$  є опуклою функцією на  $X$  (див., наприклад, [1,с.56]). Нехай  $x_1, x_2 \in X$ . Тоді (див., наприклад, [2,с.306])

$$\begin{aligned} |\varphi(x_1) - \varphi(x_2)| &= \left| \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_1 - y\| - \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_2 - y\| \right| = \\ &= \left| \sum_{i=1}^m c_i \left( \sup_{y \in A_i} \|x_1 - y\| - \sup_{y \in A_i} \|x_2 - y\| \right) \right| \leq \sum_{i=1}^m c_i \left| \sup_{y \in A_i} \|x_1 - y\| - \sup_{y \in A_i} \|x_2 - y\| \right| \leq \\ &\leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \left| \|x_1 - y\| - \|x_2 - y\| \right| \leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_1 - y - (x_2 - y)\| = \\ &= \left( \sum_{i=1}^m c_i \right) \|x_1 - x_2\| = L \|x_1 - x_2\|. \end{aligned}$$

Звідси робимо висновок, що функція  $\varphi$  задовольняє на  $X$  умові Ліпшиця з константою  $L = \sum_{i=1}^m c_i$ . Нехай  $x_0 \in X$ , та  $\delta = \frac{\varepsilon}{L}$ . Тоді

$$(\forall x: \|x - x_0\| < \delta) |\varphi(x) - \varphi(x_0)| \leq L \|x - x_0\| < L\delta = L \frac{\varepsilon}{L} = \varepsilon.$$

Звідси випливає, що функція  $\varphi$  є неперервною в кожній точці  $x_0 \in X$ . Отже, вона неперервна на  $X$ .

Теорему доведено.

**Умови існування екстремального елемента для задачі відшукування величини (2).**

**Теорема 2.** Якщо  $V$  є локально компактною та замкненою множиною простору  $X$ , то екстремальний елемент величини (2) існує.

Доведення. З урахуванням (2) робимо висновок, що для будь-якого  $n \in \mathbb{N}$  існує  $x_n \in V$ , що

$$E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) \leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| \leq E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) + \frac{1}{n}. \quad (3)$$

Зі співвідношення (3) випливає, що

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| = E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right). \quad (4)$$

Оскільки має місце (4), то послідовність  $\left\{ \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| \right\}_{n=1}^{\infty}$  є обмеженою.

Тому існує таке число  $c > 0$ , що

$$0 \leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| \leq c, \quad n = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Для  $n = 1, 2, \dots$ ,  $y_i \in A_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , маємо, що

$$\|x_n\| = \|x_n - y_i + y_i\| \leq \|x_n - y_i\| + \|y_i\| \leq \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| + \sup_{y \in A_i} \|y\|.$$

З урахуванням (5) звідси робимо висновок, що

$$\|x_n\| \sum_{i=1}^m c_i \leq \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| + \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|y\| \leq c + \left( \sum_{i=1}^m c_i \right) \max_{1 \leq i \leq m} \|A_i\|,$$

де  $\|A_i\| = \sup_{y \in A_i} \|y\|$ ,  $i = \overline{1, m}$ .

Тому  $\|x_n\| \leq \frac{c}{L} + \max_{1 \leq i \leq m} \|A_i\|$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , де  $L = \sum_{i=1}^m c_i$ .

Отже,  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  є обмеженою послідовністю множини  $V$ . Оскільки за умовою  $V$  є локально компактною та замкненою множиною, то з послідовності  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ , можна вибрати підпослідовність  $\{x_{n_l}\}_{l=1}^{\infty}$ , яка збігається до  $x^* \in V$ :  $\lim_{l \rightarrow \infty} x_{n_l} = x^* \in V$  (див., наприклад, [2, с.21]).

З урахуванням теореми 1 та рівності (4) звідси одержимо, що

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_n - y\| &= \lim_{l \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x_{n_l} - y\| = \\ &= \sum_{i=1}^m c_i \sup_{y \in A_i} \|x^* - y\| = E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right). \end{aligned}$$

Це означає, що  $x^*$  є екстремальним елементом для величини (2).

Терему доведено.

**Наслідок 1.** Якщо  $V$  є скінченновимірним підпростором простору  $X$ , то екстремальний елемент для величини (2) існує.

Справедливість наслідку випливає з теореми 2, оскільки скінченновимірний підпростір є локально компактною та замкненою множиною (див., наприклад, [2, с.21]).

**Наслідок 2.** Якщо  $X = R^n = V$ , то екстремальний елемент для величини (2) існує.

Справедливість наслідку випливає з наслідку 1, оскільки  $R^n$  є скінченновимірним лінійним простором.

**Наслідок 3.** Якщо  $V$  є зсувом скінченновимірного підпростору  $P$  простору

$X$  на вектор  $x_0$  ( $V = P + x_0$ ), то екстремальний елемент для величини (2) існує.

**Доведення.** Для доведення наслідку достатньо переконатися, що  $V$  є локально компактною та замкненою множиною. Нехай  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  є обмеженою послідовністю  $V$ . Тоді  $x_n = y_n + x_0$ , де  $y_n \in P$  та  $\|x_n\| \leq c$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , де  $c$  – деяке додатне число. Маємо, що  $\|y_n\| = \|x_n - x_0\| \leq \|x_n\| + \|x_0\| \leq c + \|x_0\|$ ,  $n = 1, 2, \dots$ . Отже,  $\{y_n\}_{n=1}^{\infty}$  є обмеженою послідовністю скінченновірного підпростору  $P$  простору  $X$ . Тоді існує підпослідовність  $\{y_{n_l}\}_{l=1}^{\infty}$  послідовності  $\{y_n\}_{n=1}^{\infty}$ , яка збігається до  $y^* \in P$ . Для підпослідовності  $\{x_{n_l}\}_{l=1}^{\infty}$  послідовності  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  одержимо, що  $\lim_{l \rightarrow \infty} x_{n_l} = \lim_{l \rightarrow \infty} (y_{n_l} + x_0) = \lim_{l \rightarrow \infty} y_{n_l} + x_0 = y^* + x_0 \in V$ . Звідси випливає, що  $V$  є локально компактною та замкненою множиною.

Наслідок доведено.

**Наслідок 4.** Якщо  $V$  є компактом простору  $X$  або перетином замкненої множини та лінійного многовиду, що є зсувом скінченновимірною підпростору простору  $X$  на деякий вектор  $x_0 \in X$ , то екстремальний елемент для величини (2) існує.

**Доведення.** Якщо  $V$  є компактом простору  $X$ , то  $V$  є його локально компактною та замкненою множиною, оскільки з будь-якої послідовності точок  $V$  можна вибрати збіжну до точки  $V$  підпослідовність. Згідно з теоремою 2  $V$  є множиною існування екстремального елемента для величини (2).

Якщо  $V = B \cap (P + x_0)$ , де  $B$  – замкнена множина простору  $X$ , а  $P$  – скінченновимірний підпростір простору  $X$ , то  $V$  є замкненою множиною простору  $X$  як перетин замкнених множин  $B$  і  $P + x_0$ , а також локально компактною множиною як підмножина локально компактної множини  $P + x_0$ . Згідно з теоремою 2  $V$  є множиною існування екстремального елемента для величини (2).

Наслідок доведено.

**Теорема 3.** Будь-яка слабо компактна множина  $V$  простору  $X$  є множиною існування екстремального елемента для величини (2).

**Доведення.** Припустимо, що  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  є екстремальною послідовністю для величини (2). Це означає, що  $x_n \in V$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , та

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(x_n) = E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right).$$

Оскільки  $x_n \in V$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , а  $V$  є слабо компактною множиною простору  $X$ , то існує підпослідовність  $\{x_{n_l}\}_{l=1}^{\infty}$ , яка слабо збігається до  $x^* \in V$ :  $\lim_{l \rightarrow \infty} x_{n_l} = x^* \in V$ . Переконаємося, що  $x^*$  є екстремальним елементом для величини (2). Припустимо супротивне. Тоді  $\varphi(x^*) > E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right)$ . Виберемо число  $\varepsilon$  таке, що  $0 < \varepsilon < \varphi(x^*) - E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right)$ . Отже,

$$\varphi(x^*) > E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) + \varepsilon. \quad (6)$$

Нехай  $B = \left\{ x \in X : \varphi(x) \leq E_V^* \left( \{A_i\}_{i=1}^m; \{c_i\}_{i=1}^m \right) + \varepsilon \right\}$ . Оскільки  $\varphi$  є опуклою та неперервною на  $X$  функцією (див. теорему 1), то  $B$  є опуклою та замкненою множиною цього простору. Згідно з (6)  $x^* \notin B$ . Відповідно до теореми про віддільність замкненої опуклої множини і точки, яка цій множині не належить (див., наприклад, [3, с.175]), існує функціонал  $f^* \in X^*$  такий, що

$$f^*(x^*) > \delta \geq f^*(x), \quad x \in B, \quad \text{де } \delta \in \mathbb{R}. \quad (7)$$

Оскільки  $x_{n_l} \xrightarrow[l \rightarrow \infty]{cl} x^*$ , то, перейшовши в останній нерівності до границі при  $l \rightarrow \infty$ , одержимо, що  $f^*(x^*) > \delta \geq f^*(x^*)$ . З одержаної суперечності випливає, що  $x^*$  є екстремальним елементом для величини (2).

Теорему доведено.

**Наслідок 4.** *Якщо в задачі відшукування величини (2)  $A_i, i = \overline{1, m}$ , – компакти простору  $X$ , а  $V$  є локально компактною та замкненою множиною цього простору, то  $V$  є множиною існування екстремального елемента для величини (2).*

Справедливість наслідку випливає з теореми 2, оскільки компакти  $A_i, i = \overline{1, m}$ , є обмеженими замкненими множинами простору  $X$  (див., наприклад, [4, с.13]), а за умовою  $V$  – локально компактна та замкнена множина простору  $X$ .

#### Список використаних джерел:

1. Гудима У.В. Гнатюк В.О. Опуклий аналіз: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 2019. 112с.
2. Корнейчук Н.П. Экстремальные задачи теории приближения. М.: Наука, 1976. 320с.
3. Иоффе А.Д., В.М. Тихомиров. Теория экстремальных задач. М.: Наука, 1974. 480 с.
4. Арутюнов А.В. Лекции по выпуклому и многозначному анализу : учебное пособие. Москва : Физматлит, 2014. 184 с.

*In the article for the generalized Steiner problem in the metric space of bounded closed sets of linear normalized space the conditions of existence of an extremal element for this problem are established.*

**Key words:** *the Hausdorff distance, the Steiner problem, the conditions of existence.*

УДК 378.091.313:514

Думанська Т.В., кандидат педагогічних наук

## РОЗВИТОК ГЕОМЕТРИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ ЕЛЕМЕНТАРНОЇ МАТЕМАТИКИ (ГЕОМЕТРІЇ)

*Однією із проблем математичної освіти є розвиток геометричної компетентності майбутніх учителів математики. У статті розглянуто поняття і шляхи удосконалення геометричної компетентності здобувачів вищої освіти.*

**Ключові слова:** геометрична компетентність, елементарна математика, геометрія, майбутній учитель математики, студентоцентризований підхід.

«Часто заняття з методики навчання геометрії перетворюються в заняття з елементарної математики (навчання студентів розв'язувати геометричні задачі)» [3, с. 10].

Однією з обов'язкових освітніх компонент підготовки майбутнього вчителя математики у закладі вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Математика) є «Елементарна математика (Геометрія)». Семестровий курс присвячено питанням, що стосуються планіметрії та адресовано здобувачам вищої освіти – майбутнім учителям математики.

Якість геометричної освіти учнів залежить від якості підготовки майбутнього вчителя геометрії, від сформованості необхідного рівня його компетентності для реалізації завдань та рекомендацій навчальних програм з математики, інших важливих державних освітніх документів, в яких сформульовані сучасні цілі і завдання математичної (геометричної) освіти в школі.

Ідеї геометрії втілені в усіх сферах навколишнього світу, вони з успіхом використовуються у природничих і технічних науках, зокрема й у найрізноманітніших розділах математики. Геометрію вважають «важким» розділом елементарної математики. Трудність його полягає в тому, що, порівняно з алгеброю, він мало алгоритмізований. Майже кожну змістовну задачу можна розв'язати кількома способами, використовуючи різні методи. Тому геометрія містить у собі великий потенціал для розвитку гнучкості розуму, конструктивних здібностей суб'єктів навчання.

Із зазначеного вище випливає **мета статті** – дослідити шляхи, способи та методи розвитку геометричної компетентності здобувачів вищої освіти на заняттях з елементарної математики (геометрії).

Відповідно до мети визначено наступні завдання: проаналізувати поняття геометричної компетентності, описати механізм її формування під час вивчення навчальної дисципліни, описати способи її формування і розвитку в майбутніх учителів математики.

У своєму дослідженні Матяш О. І. розглядає термін «геометрично-методична компетентність вчителя математики» як його готовність і здатність методично грамотно розв'язувати комплекс задач методичної діяльності щодо

формування геометричної компетентності учнів [2, с. 124]. Проте, формування геометрично-методичної компетентності майбутнього вчителя математики більшою мірою відбуватиметься під час вивчення здобувачами освітньої компоненти «Методика навчання математики».

Під час навчання елементарної математики (геометрії) відбувається формування і розвиток саме *геометричної компетентності майбутнього вчителя математики*, під якою будемо розуміти здатність здобувача вищої освіти до правильного розв'язування геометричних завдань, вирішення реальних життєвих ситуацій на основі глибоких і міцних знань з предмету, здобутих математичних навиків та умінь. Геометричну компетентність здобувача вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Математика) розглядаємо як складову його математичної компетентності.

Успішність розвитку геометричної компетентності здобувача залежить від дотримання послідовності її взаємопов'язаних компонент: мотиваційно-ціннісної, когнітивної, діяльнісної та особистісної (рис. 1) [1, с. 60].



Рис. 1. Структура математичних компетентностей

Щоб навчання було ефективним, воно, насамперед, має бути цікавим. Для цього потрібно застосовувати інтерактивні технології, проводити більше нестандартних занять. Щоб змістовна та методична наповненість заняття, його атмосфера не тільки озброювали здобувача знаннями та вміннями, а й викликали у нього інтерес, захопленість, формували його творчу свідомість. Щоб студент йшов на заняття без боязні перед складністю предмету.

На мою думку, всім цим вимогам на сьогоднішній день відповідає студентоцентризований підхід у навчанні. Навчальне заняття, на якому на перше місце ставиться самобутність студента, її самоцінність. Викладач не формує особистість, а створює умови для ціннісних проявів внутрішнього світу майбутнього вчителя математики; викладач не веде, а йде поруч і попереду, співпрацює з студентом, прислухається до його думки та, у разі потреби, скеровує її у правильне русло. Викладач утримується від моральних оцінок особистості, від дає можливість самостійно пройти шлях у пошуку правильного рішення завдання. Заняття потрібно організувати так, щоб забезпечити

мотиваційну готовність і позитивний емоційний настрій здобувачів до роботи, розвиток індивідуальності, створення ситуації успіху та обстановки на готовність відповідати, не боячись помилитися.

На навчальних заняттях, у першу чергу, необхідно розвивати пізнавальний інтерес до дисципліни, максимальний акцент робити на активну розумову діяльність студента. Головною для розвитку пізнавального інтересу є ситуація рішення пізнавальних завдань, ситуація активного пошуку, здогади, роздуми, в яких необхідно розібратися самому. Початковим моментом розумового процесу є проблемна ситуація. Адже мислення починається тоді, коли з'являється потреба щось зрозуміти.

Отже, основним завданням викладача під час формування геометричної компетентності майбутніх учителів математики є забезпечення позитивної мотивації на прояв ініціативи та самостійності. Фактично викладач має створити умови для розвивального середовища, в якому забезпечуватиметься повноцінне формування у здобувачів педагогічної спеціальності інтелектуальних, логічних, аналітичних та інших здібностей.

#### Список використаних джерел:

1. Думанська Т.В. Формування математичних компетентностей бакалаврів економічних спеціальностей у процесі навчання вищої математики: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т імені М. П. Драгоманова. Київ, 2018. 309 с.
2. Матяш О. І. Теоретико-методичні засади формування методичної компетентності майбутнього вчителя математики до навчання учнів геометрії : монографія / наук. ред. д. пед. н., проф. О. І. Скафа. Вінниця : ТОВ „Нілан-ЛТД”, 2013. 450 с.
3. Матяш О.І. Формування методичної компетентності з навчання геометрії майбутніх учителів математики: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця, 2014. 568 с.

*One of the problems of mathematics education is the development of geometric competence of future teachers of mathematics. The article considers the concept and ways to improve the geometric competence of higher education.*

**Key words:** *geometric competence, elementary mathematics, geometry, future teacher of mathematics, student-centered approach.*

УДК 004.8; 004.032.26

**Євтушенко Т. А.**, магістр  
**Пилипюк Т. М.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент

## **ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ ЧАСОВИХ РЯДІВ**

*У статті пропонується один із методів застосування штучних нейронних мереж у задачах прогнозування. Розглянуто переваги нейромережевого прогнозування. Представлено алгоритм прогнозування на основі часових рядів. Зроблено відповідні висновки.*

**Ключові слова:** штучна нейронна мережа, архітектура, навчання, алгоритм, прогнозування, часовий ряд.

**Вступ.** Ідея переходу від обробки закладеного в комп'ютер алгоритму деяких формалізованих знань до реалізації в ньому технології обробки інформації, притаманній людині призвели до появи штучних нейронних мереж [2, с. 4].

Останніми роками популярність нейронних мереж сильно зросла. Штучні нейронні мережі (ШНМ) мають широке поширення серед різноманітних прикладних задач, таких як стиснення даних, розпізнавання образів, оптимізації, аналізу даних, завдань управління та ін.

Найбільшу ефективність нейронні мережі виявляють, вирішуючи завдання прогнозування, класифікації чи управління. Це обумовлюється кількома аспектами:

По-перше, нейронні мережі мають широкий ряд можливостей. Це зумовлено їхньою нелінійною природою, і дозволяє говорити про потенціал нейронних мереж у моделюванні. ШНМ дозволяють моделювати лінійні залежності під час роботи з великою кількістю змінних, що дозволяє зняти обмеження розмірності, властиве традиційним методам моделювання.

По-друге, нейронні мережі досить прості у використанні. Перед тим, як розпочати роботу з мережею, вона має пройти етап навчання на прикладах. Єдина складність і, водночас, велика перевага у роботі з ШНМ – це налаштування її параметрів. На початковому етапі важливо підготувати дані для навчання. Вони повинні максимально описувати взаємозв'язки, які можуть виявитися у процесі їх моделювання. Для цього від користувача потрібне глибоке розуміння предметної області. Також, ґрунтуючись на своїх знаннях, користувач повинен вибрати найбільш вдалу із запропонованих архітектуру мережі та інтерпретувати отримані в ході моделювання результати.

Здібності нейронної мережі до прогнозування безпосередньо впливають з її здатності до узагальнення та виділення прихованих залежностей між вхідними та вихідними даними. Після навчання мережа здатна передбачити майбутнє значення якоїсь послідовності на основі декількох попередніх значень або якихось існуючих зараз чинників.



**Основна частина.** В основі штучних нейронних мереж лежить ідея про те, що функціонування біологічного нейрона можна промоделювати відносно простими математичними моделями, а глибина і гнучкість людського мислення та інші найважливіші якості нервової системи визначаються не складністю нейронів, а їх великим числом і наявністю складної системи зв'язків між ними [2].

Характерною рисою біологічних систем є адаптація, завдяки якій такі системи в процесі навчання розвиваються й здобувають нові властивості. Як і біологічні нейронні мережі, ШНМ складаються зі з'єднаних між собою елементів – штучних нейронів, функціональні можливості яких тією чи іншою мірою відповідають елементарним функціям біологічного нейрона [5].

Ці елементи організовуються за способом, який відповідає анатомії мозку. Навіть при поверхневій подібності, штучні нейронні мережі демонструють велику кількість властивостей, які притаманні мозку. Наприклад, вони навчаються на основі досвіду, узагальнюють попередні прецеденти на нові випадки та видобувають суттєві властивості зі вхідної інформації, що містить непотрібні дані [6].

До деяких основних переваг штучних нейронних мереж над традиційними обчислювальними системами можна віднести:

- вирішення задач при невідомих закономірностях. Використовуючи навчання на великій кількості прикладів, нейронна мережа здатна розв'язувати задачі, у яких невідомі закономірності розвитку ситуації і залежності між вхідними і вихідними даними. Традиційні математичні методи і експертні системи у таких випадках безпорадні;

- стійкість до шуму у вхідних даних. Можливість роботи при наявності великої кількості неінформативних, шумових вхідних сигналів. Немає необхідності робити їхній попередній відсів, нейронна мережа сама визначить їхню малу придатність для вирішення задачі та відкине їх;

- адаптування до змін навколишнього середовища. Нейронні мережі мають здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища. Зокрема, нейронні мережі, навчені діяти у певному середовищі, можуть бути легко перенавчені для роботи в умовах незначних коливань параметрів середовища. Більш того, для роботи в нестаціонарному середовищі (де статистика змінюється з часом) можуть бути створені нейронні мережі, що перенавчаються в реальному часі. Чим вищі адаптивні здатності системи, тим більш стійкою буде робота в нестаціонарному середовищі. При цьому потрібно зауважити, що адаптивність не завжди веде до стійкості, деколи вона призводить до зовсім протилежного результату. Наприклад, адаптивна система з параметрами, що швидко змінюються в часі, може також швидко реагувати і на сторонні збудження, що викличе втрату продуктивності. Для того щоб використовувати всі переваги адаптивності, основні параметри системи повинні бути достатньо стабільними, щоб можна було не враховувати зовнішні перешкоди, і достатньо гнучкими, щоб забезпечити реакцію на суттєві зміни середовища;

- швидкодія. Нейронні мережі мають потенційно надвелику швидкодію

за рахунок використання масового паралелізму обробки інформації.

- завадостійкість при апаратній реалізації. Нейронні мережі потенційно завадостійкі. Це означає, що при не найкращих умовах їхня продуктивність падає несуттєво. Наприклад, якщо пошкоджений якийсь нейрон або його зв'язки, видобування збереженої інформації ускладнюється. Але, зважаючи на розподілений характер збереження інформації в нейронній мережі, можна стверджувати, що тільки серйозне пошкодження структури нейронної мережі суттєво вплине на її працездатність. Тому зменшення якості роботи нейронної мережі відбувається повільно.

У загальному випадку нейронна мережа являє собою сукупність нейронів, зв'язаних певним чином. Основними відмінностями нейромережових моделей є способи зв'язку нейронів між собою, функції нейроелементів, а також механізми та напрямки розповсюдження сигналів мережею.

Під навчанням нейронних мереж розуміється процес налаштування архітектури мережі (структури зв'язків між нейронами) та ваг синаптичних зв'язків (що впливають на сигнали коефіцієнтів) для ефективного вирішення поставленого завдання. У процесі навчання, який відбувається за деяким алгоритмом, мережа повинна все краще та краще (правильніше) реагувати на вхідні сигнали [8].

Існує ряд алгоритмів навчання, орієнтованих на вирішення різних завдань. Серед них можна виділити алгоритм зворотного поширення помилки, який є одним із найпотужніших алгоритмів та одним з методів навчання багат шарових нейронних мереж прямого поширення. Алгоритм зворотного поширення помилки (АЗПП) є квінтесенцією всієї теорії нейронних мереж. Саме він надав вирішального поштовху до повернення уваги учених світу до нейронних мереж після відомої роботи Мінського і Пайперта «Перцептрони». Алгоритм має багато переваг і застосовується для розв'язання різноманітних задач.

Останнім часом одним із найпопулярніших завдань, при вирішенні якої використовують нейронні мережі, є завдання прогнозування. Процесом прогнозування називається спеціальне наукове дослідження конкретних перспектив розвитку будь-якого процесу.

Вибір архітектури мережі ґрунтується на апробації кількох конфігурацій, що мають різну кількість елементів. Для вирішення завдання прогнозування можуть бути використані такі архітектури нейронних мереж:

- багат шаровий перцептрон (MLP);
- радіально-базова мережа (RBF);
- узагальнено-регресійна мережа (GRNN);
- мережа Вольтеррі;
- мережа Ельмана.

Відповідно до роботи [9] процеси, перспективи яких необхідно передбачати, найчастіше описуються часовими рядами, тобто послідовністю значень деяких величин, отриманих у певні моменти часу. Часовий ряд включає два обов'язкові елементи – позначку часу і значення показника ряду, отримане тим чи іншим способом і відповідно зазначеній позначці часу.

Прогнозування виходить з передбачення майбутніх подій. Математично, постановка задачі така:

Маємо задану  $n$ -ну кількість певних значень  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$ , які змінюються з часом  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Завданням прогнозування буде прогнозування значення  $y(t_{n+1})$  в майбутній час  $t_{n+1}$ .

Основна мета процесу прогнозування – зменшити ризик під час прийняття рішень. Найчастіше прогноз може бути неточним, його помилка залежить від системи, яку використовували під час прогнозування. Типовими прикладами прогнозів є: прогнози цін на фондовій біржі, прогноз погоди, прогноз споживання електроенергії, прогноз відмов технічних систем та ін.

Нейронна мережа може бути застосована при розв'язанні задачі прогнозування часових рядів. Процес складається з наступних етапів:

- вибір користувачем довільного часового ряду з певною кількістю значень;
- розбивка даного ряду на множини.
- подання вибірок на вхід мережі.

В результаті отримуємо значення часового ряду в потрібний момент часу.

Проведення попередньої обробки інформації дозволяє підвищити якість прогнозу, тому ця процедура є необхідною. Найчастіше це масштабування значень для приведення їх у єдиний діапазон.

По суті вибірка є дискретною функцією, яка задана точками в інтервалі  $[0, N]$  з кроком 1.

Попередня поведінка нейронної мережі дозволяє передбачити її майбутню реакцію при прогнозуванні – у цьому її основна роль. Тобто за наявності інформації про значення змінної  $x$  у моменти, які передували даному прогнозуванню  $x(k-1), x(k-2), \dots, x(k-N)$ , мережа здатна знайти найбільш ймовірне значення послідовності  $\bar{x}(k)$  в поточний час  $k$ . Фактична похибка прогнозування  $\varepsilon = x(k) - \bar{x}(k)$  та значення цієї похибки у попередні моменти часу використовуються для адаптації вагових коефіцієнтів мережі [9].

На першому етапі нейромережевого передбачення часових рядів відбувається визначення часового ряду та формування бази даних. На другому етапі необхідно проведення кодування входів-виходів, оскільки нейронні мережі працюють із числами. Наступним етапом є нормування даних, це необхідно для виключення залежності результату від одиниць виміру. На четвертому етапі проводять переробку даних, видаляють очевидні регулярності у тому, щоб полегшити виявлення нетривіальних закономірностей. П'ятий етап спрямований на навчання кількох нейронних мереж, які мають різну архітектуру. На даному етапі вплив на результат надають розмір мережі та її початкова конфігурація. На шостому етапі відбираються мережі з найменшою помилкою передбачення. На сьомому етапі проводять адаптивне передбачення та приймається рішення.

Загальний підхід до побудови алгоритму прогнозування з використанням часового ряду складається з таких кроків.

Крок 1. На першому кроці на підставі попереднього власного чи стороннього досвіду вибирається загальний клас моделей для прогнозування

часового ряду на заданих вхідних даних.

Крок 2. Певний загальний клас моделей є широким. Для безпосереднього прилаштування значень до вихідного часового ряду, розвиваються грубі методи ідентифікації підкласів моделей. Такі методи ідентифікації використовують якісні оцінки часового ряду.

Крок 3. Після визначення підкласу моделі необхідно оцінити її параметри, якщо модель містить параметри, або структуру, якщо модель належить до категорії структурних моделей. Як правило, цей крок є найбільш трудомістким у зв'язку з тим, що часто враховуються всі доступні історичні значення тимчасового ряду.

Крок 4. Далі провадиться діагностична перевірка отриманої моделі прогнозування. Найчастіше вибирається ділянка або кілька ділянок часового ряду, достатніх по довжині для перевірного прогнозування та подальшої оцінки точності прогнозу. Вибрані для діагностики моделі прогнозування ділянки часового ряду називаються контрольними ділянками (періодами).

Крок 5. Якщо точність діагностичного прогнозування виявилася прийнятною для завдань, у яких використовуються прогнозовані значення, то модель готова до використання. Якщо точність прогнозування виявилася недостатньою для подальшого використання прогнозних значень, то можливе ітеративне повторення всіх описаних вище кроків, починаючи з першого.

**Висновки.** На сьогодні є всі підстави говорити про досягнення успіхів нейронних мереж у вирішенні складних завдань як суто наукових, так й у сфері техніки, бізнесу, фінансів, медичної діагностики й інших галузей, пов'язаних з інтелектуальною діяльністю. Така мережа, натренована на певній безлічі даних, може провести узагальнення отриманої інформації і відтворити розрахунок з результатами на даних, які не використовувалися при її навчанні.

Завдання прогнозування часових рядів має високу актуальність для багатьох предметних областей і є невід'ємною частиною повсякденної роботи багатьох компаній. До теперішнього часу розроблено безліч моделей для вирішення задач прогнозування з використанням часового ряду. Найкращим підходом для реалізації використання вхідних даних у вигляді часових рядів є використання штучних нейронних мереж як апарату перетворення та обробки даних.

### Список використаних джерел:

1. Руденко О. Г., Бодяньський Є. В. Штучні нейронні мережі: Навч. посібник. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 404 с.
2. Diederik P. Kingma, Jimmy Ba: Adam: A method for stochastic. San Diego, 2015.
3. Önder E., Firat B. Hepsen A. Forecasting Macroeconomic Variables using Artificial Neural Network and Traditional Smoothing Techniques / Journal of Applied Finance & Banking, 2013. Vol. 3, no. 4. P. 73–104.
4. Swanson N. & White H. A model-selection approach to assessing the information in the term structure using linear models and artificial neural networks // Journal of Business & Economic Statistics, 1995. 13 (3) P. 265–275.

5. Lam M. Neural network techniques for financial performance prediction : integrating fundamental and technical analysis // Decision Support Systems, 2004. 37(4). P. 567–581.

6. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / пер. с англ. Зуев Ю. А., Точенов В. А. М.: Мир, 1999. 184 с.

7. Литвин В. В., Пасічник В. В., Яцишин Ю. В. Інтелектуальні системи: Підручник. Львів: «Новий Світ – 2000», 2009. 406 с.

8. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.

9. Бокс Дж., Дженкинс Г. М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.

*The article proposes one of the methods of using artificial neural networks in forecasting problems. The advantages of neural network forecasting are considered. A forecasting algorithm based on time series is presented. Appropriate conclusions have been made.*

**Key words:** artificial neural network, architecture, training, algorithm, forecasting, time series.

УДК 378.853.53

**Килимник С.М.**, викладач фізики,  
Кам'янець-Подільський коледж харчової промисловості НУХТ;  
**Кух А.М.**, доктор педагогічних наук, доцент;  
**Кух О.М.**, асистент кафедри комп'ютерних наук

## **КОМПЕТЕНТНІСНІ ПРОФЕСІЙНО-ОРІЄТОВАНІ ЗАВДАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМИ КОЛЕДЖІВ**

*У статті аналізуються компетентнісні завдання. При вивченні фізики їх зміст супроводжується варіативним набором типових і нетипових задач, практичним і пізнавальним змістом, предметними та професійними ситуаціями. При цьому їх дидактична форма співвідноситься з інноваційними практичними розробками здатними відобразити основний вид освітньої діяльності студентів в умовах реалізації компетентнісного навчання. Між запропонованими поняттями «робота», «дії», «діяльність», «задача», «завдання», ми схильні оперувати останнім, як таким, що найбільш відповідає проєктованому виду навчального матеріалу і описується категоріями професійно-орієнтованого навчання.*

**Ключові слова:** компетентність, завдання, професійно-орієнтоване навчання, діяльність, фізика.

Пізнавальна діяльність студента присутня у будь-якому виді навчальних занять, і є компонентом технології навчання, що скерована на розвиток професійної компетентності як риси особистості. В процесі організації професійно-орієнтованої діяльності студентів викладач здійснює: планування (визначити мету та методи її досягнення); організацію (забезпечити взаємозв'язки окремих компонентів системи навчальної діяльності);

керівництво (контроль діяльності студентів); зв'язок (передачу інформації, яка забезпечує приймання власних рішень і рішень самим студентом); подання навчального матеріалу у формі завдання (задачі).

При цьому студент має: планувати свої дії (визначати мету, будувати програми (план) для її досягнення, методи її реалізації тощо); організувати (об'єднувати свої ресурси для вирішення поставлених завдань) здійснювати зв'язок на основі передачі інформації, яка забезпечує прийняття рішень; сформулювати вирішення проблеми завдання) на основі одержаних даних опису професійної задачі, набути відповідних (планованих) компетенцій, про що засвідчить вмотивований характер коментарів своїх дій.

Проектування інноваційної форми організації засвоєння навчального матеріалу має здійснюватися виходячи з вимог компетентісного підходу, які можна визначити наступними позиціями: цілеспрямоване формування метапредметних умінь має бути рівнозначним або навіть пріоритетним по відношенню до оволодіння фундаментальними знаннями; дидактична функція оволодіння предметними компетенціями повинна бути розширена їх застосуванням в ситуації, максимально наближеної до реальної, що, в свою чергу, ініціює відображення в змісті навчального матеріалу «життєвого» контексту; частка отримання студентами результатів оволодіння компетенціями (від практики до теорії) повинна бути збалансована по відношенню до пояснювально-ілюстративного методу.

Такий комплекс вимог до окремо взятої дидактичної одиниці – професійно-орієнтованого завдання – породжує його складну структуру і зміст.

Мета нашої статті – описати змістові характеристики професійно-орієнтованих компетентісних завдань як форми організації діяльності студентів коледжів з фізики.

Аналіз педагогічних джерел, дозволяє виділити декілька аспектів у означенні компетентісного завдання. Проблему постановки і розв'язання фізичних задач досліджувало багато вітчизняних науковців дослідників (П.С.Атаманчук, С.У.Гончаренко, Є.В. Коршак, О.В.Сергєєв, А.І.Павленко, С.І.Редько, О.Ю.Анісімов та ін.). Так, Д. Д. Зуєв використовує термін «запитання-завдання» [5, 159]. А. І. Уман вважає завдання загальний поняттям для компонентів організації засвоєння змісту: задачі, вправи, запитання[10], або ж ототожнює навчальні завдання з навчальними задачами. А. А. Вербицький стверджує, що завдання похідне від «задачі» [3, 59]. Г. І. Саранцев, розглядає задачу в контексті підручника математики, і відносить її до категорії «вправа» [11, 137]. В психології оперують означенням А. М. Леонтьєва: «задача - це і є мета, дана в певних умовах» [7, с. 107]. Г. А. Балл, підкреслює досить широке трактування поняття «завдання»: «...розглядувана категорія охоплює задачі не тільки зовнішні за відношенням до суб'єкта, але й внутрішні для нього (в тому числі ті, які прийняті ним ззовні, і ті, які сформовані ним самим) [2, 6].

В дидактиці, особливо в галузі фізико-математичної освіти, дослідження задач має давні традиції. За словником, задача трактується як: 1) те, що вимагає виконання, розв'язання; 2) вправа, яка виконується через умовиводи, обчислення, тощо[8, 198]. В широкому розумінні під задачею розуміють те, що

потрібно виконати – будь яке завдання, доручення, справу, – навіть ті, що не викликають утруднень чи не мають перешкод для виконання. У вузькому смислі задача означає вправу, що вимагає знаходження розв'язку або вирішення за відомими даними за допомогою визначених дій при дотриманні правил здійснення цих дій (наприклад, логічна задача, математична задача, шахматна задача). П.С.Атаманчук оперує поняттям «пізнавальна задача» як мета опосередкована предметно-об'єктними умовами[1]. Таку ж думку поділяв О. В. Сергєєв та запропонував для формування навичок професійної діяльності використовувати поняття «методична задача», як мета і ресурси для її досягнення. Ідею розвинула В.Д.Шарко уточнюючи, що «методична задача» описує квазіпрофесійні ситуації орієнтовані за здійснення доцільної професійної діяльності. Л.Н.Хуторська вводить поняття «дидактична задача» для характеристики професійних ситуацій, які можуть виникати в процесі педагогічної діяльності майбутніх учителів. Обидва значення знайшли своє відображення в категорії «задача», яка оперує конкретним дидактичним змістом в залежності від узгодженого з ним означення (навчальна, навчально-пізнавальна, навчально-практична тощо). Наявність структурних компонентів – умова задачі з даними, вимоги (запитання) з вказівкою на шукане, взаємозв'язками між даними і шуканими величинами – дозволяє віднести навчально-пізнавальну (навчально-практичну) задачу до категорії «типових» задач. Типова (стандартна) задача – це задача, яка належить до визначеного типу задач, що має спільний метод (алгоритм) розв'язання. Ми зупинилися на терміні «компетентнісне завдання» тому, що воно найбільш повно, на нашу думку, відбиває цільові пріоритети формування у студентів коледжів компетентностей трьох рівнів: ключових (навчально-пізнавальної компетентності або компетентності «уміння вчитися») засобами формування системи універсальних навчальних дій; міжпредметної компетентності засобами створення умов для застосування студентами освоєних предметних знань в ситуаціях, що відносяться до інших предметних галузей; предметної компетентності (природничо-наукової та математичної) засобами створення умов для освоєння нових для студентів предметних компетентностей, що формуються в них при розв'язанні практико-орієнтованих завдань.

Компетентнісне завдання по відношенню до студента виступає як вид навчального матеріалу, що сприяє формуванню компетентностей трьох рівнів: предметних, міжпредметних і ключових. В якості пріоритетного вживаємо термін «завдання», і близьке, але не тотожне поняття «задача» («компетентнісна задача»). Алгоритм розв'язку нетипової (нестандартної) задачі важко стандартизувати і може бути єдиним (не використовуватися для інших) для деякої конкретної задачі. До нетипових відносять історичні, логічні, цікаві, задачі-усмішки, комбінаційні, задачі-парадокси та інші види задач. В підручниках з фізики для студентів коледжів в основному подаються типові задачі.

Завдання – це вимога або сукупність вимог, що збуджують студента виконати деякі навчальні дії (з вказівкою способу виконання або без неї) з метою засвоєння ним певного фрагмента змісту навчальної дисципліни.

Навчальні задачі спрямовані на виконання певних елементів цілісної (професійної) діяльності. В залежності від характеру і змісту елемента діяльності, що формується, вибирається основа для класифікації завдань. Це можуть бути

- предметні завдання, що забезпечують засвоєння понять та предметних способів діяльності (дій): «обчисли», «означити», «виявити», «розрахувати» ;
- завдання, що організовують пізнавальну діяльність студента: «порівняйте», «оцініть», «знайдіть помилку», «зробіть висновок»;
- завдання творчого характеру в формі висловлення ідеї, винахідництва, новаторства, експерименту, тощо.

Наведені трактування понять «задача» та «завдання» відносяться до найбільш використовуваних в методиках навчання предметів природничо-математичного циклу, і зокрема фізики. Відмінність завдання від типової задачі полягає в тому, що в задачі подається найбільш загальний об'єм інформації у вигляді умови, вимоги, оператора. Завдання містить в основному вимогу виконати дію (здійснити діяльність). В курсі фізики для студентів коледжів компетентнісні задачі разом з ввідною настановою та супроводжуваними коментарями використовують такі форми організації засвоєння матеріалу:

- предметні завдання (наприклад: заповни таблицю основних характеристик електромагнітної хвилі);
- практичні завдання (наприклад: визначити масу хлібопекарського продукту, якщо в процесі приготування внаслідок випаровування втрачається 35% початкової маси. Яка кількість теплоти при цьому витрачається?);
- пізнавальні завдання (наприклад: в'яснити, чи зміниться коефіцієнт трансформації напруги, якщо змінити джерело напруги на вхідній обмотці з 220 В змінного струму на 110 В постійного струму);
- творчі завдання (наприклад: запропонуйте спосіб очищення нуги (патоки) від механічних домішок);
- типові реальні задачі (наприклад: розрахуйте скільки часу нагріватиме 2 літра води взятої при кімнатній температурі до кипіння електрочайник потужністю 1,5 кВт?);
- запитання (наприклад: які фізичні процеси відбуваються у тістозмішувальному комбайні?).

Проведений аналіз показує, що досліджуваний дидактичний об'єкт – компетентнісні завдання – різноманітні в структурно-компонентному плані. Текст завдання, який присутній в усіх матеріалах, супроводжується варіативним набором типових і нетипових задач, практичним і пізнавальним змістом, предметними та професійними ситуаціями. При цьому назва навчального елемента, що використовує інноваційну, не використовувану раніше в навчанні, цілісну дидактичну форму, позначається традиційними в дидактиці термінами «задача» або «завдання». Вибір саме цих понять обумовлений, на наш погляд, відсутністю обґрунтованої на нинішній день назви для даного виду навчальних матеріалів і бажання авторів співвіднести нові практичні розробки з дидактичною категорією, здатною відобразити основний вид освітньої



діяльності студентів в умовах реалізації компетентнісного навчання. Між запропонованими поняттями «робота», «дії», «діяльність», «задача», «завдання», ми схильні оперувати останнім, як таким, що найбільш відповідає проєктованому виду навчального матеріалу і описується категоріями професійно-орієнтованого навчання.

Таким чином, на основі проведеного аналізу сформулюємо узагальнене означення: компетентнісне завдання – це форма організації навчального матеріалу, змодельована у вигляді квазіпрофесійної (квазіжиттєвої, реальної) ситуації, покликаної формувати предметні, міжпредметні та ключові компетентності студентів.

### Список використаних джерел:

1. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності. Кам'янець-Подільський: К-ПДП, 1997. 12-16 с.
2. Балл, Г.А. Теория учебных задач: психолого-педагогический аспект / Г.А. Балл. М.: Педагогика, 1990. 184 с.
3. Вербицкий, А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции / А.А. Вербицкий, О. Г. Ларионова. М.: Логос, 2010. 336 с.
4. Демидова, М.Ю. Диагностика учебных достижений по физике. Особенности подготовки учащихся к ЕГЭ и ГИА / М.Ю. Демидова, Г.Г. Никифоров, Е.Е. Камзеева // Педагогический университет «Первое сентября». Физика. 2009. № 23. С. 33-40.
5. Зуев, Д.Д. Школьный учебник / Д.Д. Зуев. М.: Педагогика, 1983. 240 с.
6. Лебедев, О.Е. Компетентностный подход в образовании / О.Е. Лебедев // Школьные технологии. 2004. № 5. С. 3-12.
7. Оценка достижения планируемых результатов в начальной школе. Система заданий. В 2 ч. Ч. 1. / [М.Ю. Демидова, С.В. Иванов, О.А. Карabanова и др.]; под ред. Г.С. Ковалевой, О. Б. Логиновой. М.: Просвещение, 2010. 215 с.
8. Проектные задачи в начальной школе: пособие для учителя / под ред. А.Б. Воронцова. М.: Просвещение, 2010. 176 с.
9. Саранцев, Г.И. Методика обучения математике в средней школе: Учеб. пособие для студентов мат. спец. пед. вузов и ун-тов / Г. И. Саранцев. М.: Просвещение, 2002. 224 с.
10. Уман, А.И. Учебные задания и процесс обучения / А.И. Уман. М.: Педагогика, 1989. 56 с.

*Competent tasks are analyzed in the article. When studying physics their content is accompanied by a varied set of typical and atypical tasks, practical and cognitive content, subject and professional situations. At the same time, their didactic form correlates with innovative practical developments, capable of reflecting the main type of students' educational activity under the conditions of competence-based learning implementation. Between the proposed notions of "work", "action", "activity", "task", "task", we tend to operate with the latter as the most corresponding to the projected type of educational material and described by the categories of professionally oriented learning.*

**Key words:** competence, tasks, professionally-oriented learning, activity, physics.

УДК 378.853.53

**Кушнірук А.В.**, студент 2 курсу освітнього рівня «магістр»  
фізико-математичного факультету;  
**Поведа Т.П.**, кандидат педагогічних наук, доцент

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ УЧНІВ З ФІЗИКИ**

*У статті описано переваги тестової перевірки знань учнів з фізики. Зазначено, що комп'ютерне тестування є однією з форм перевірки знань учнів, яке вирізняється швидкістю проходження процедури тестування та перевірки його результатів, а також об'єктивністю оцінки. Тестова перевірка знань забезпечує зворотній зв'язок вчителя і учня, є одночасно засобом навчання і контролю та мотивує учня до вивчення фізики.*

**Ключові слова:** *тестові технології, комп'ютерний тест, програми для створення тестів, тести з фізики.*

Одним із методів діагностики рівня засвоєння знань є тестування, яке останні роки широко використовується у навчальному процесі у закладах загальної середньої освіти. Тестова перевірка має ряд переваг порівняно з традиційними формами і методами, вона природно вмонтована у сучасні педагогічні концепції, дозволяє більш раціонально використовувати зворотний зв'язок з учнями і визначати результати засвоєння матеріалу, зосередити увагу на прогалинах у знаннях та внести відповідні корективи. Тестовий контроль забезпечує одночасну перевірку знань учнів усього класу та формує в них мотивацію для підготовки до кожного заняття, дисциплінує учнів.

Тест у вузькому значенні розуміється як короткий комплекс завдань, що відповідають змісту навчання і забезпечують виявлення ступеня оволодіння навчальним матеріалом [1]. Комп'ютерне тестування здійснюється у формі самостійного діалогу учня з комп'ютером у присутності відповідальної за організацію тестування особи або без неї, з можливістю запам'ятовування результатів тестування. Чітко складені тести дозволяють вчителю отримувати достовірну інформацію щодо підготовленості учнів з навчального предмету.

Дослідниками тестових технологій є такі відомі вітчизняні та закордонні науковці як Аванесов В.С., Ащепкова Л.Я., Булах І.Є., Голубєва Н.В., Кадемія М.Ю., Каневська О.П. Про особливості тестування з фізики та професійні рекомендації з їх розробки знаходимо у працях Сергієнко В.П., Кухар Л.О.

Актуальність впровадження тестів на уроках фізики покликана також важливою вимогою часу – необхідністю використовувати тестові технології для якісної підготовки учнів до ЗНО. Окрім того, тестування допомагає повністю зняти питання про суб'єктивність оцінки учня. Адже, не зважаючи на рекомендовані Міністерством освіти і науки загальні критерії оцінювання, кожен учитель має своє розуміння принципів об'єктивності та справедливості. Тобто, оцінка вчителя має емоційне забарвлення, яке іноді впливає на результат. Тести ж передбачають проведення об'єктивного кількісного

зіставлення певної властивості певного учня з певним еталоном [3; 4].

Метою нашого дослідження було визначити та теоретично обґрунтувати шляхи використання тестових технологій для оцінки та діагностики навчальних досягнень учнів під час контролю знань з фізики.

Відповідно до мети ми поставили такі завдання: здійснити аналіз зарубіжних та вітчизняних джерел з проблеми використання тестового контролю; визначити особливості тестування як одного із засобів контролю у навчанні фізики; виділити особливості методики тестового контролю у процесі навчання фізики; проаналізувати наявні програми для комп'ютерного тестування з фізики; розробити тестові завдання для тематичного контролю з фізики.

Об'єктом нашого дослідження виступає навчально-виховний процес на уроках фізики у закладах середньої освіти. Предметом дослідження є тестовий контроль як засіб для оцінки навчальних досягнень учнів з фізики у закладах загальної середньої освіти.

На сьогодні наявні понад сотні інструментально-педагогічних засобів для створення комп'ютерних тестів, найбільш відомими з них є: TEST-W, TEST-W2, TestYourSelf, UTC\_v.1.52, TestSystem\_v2, TestForLena, Test\_Orion, MyTest, MiniTestSL, Mentor\_14x, MAMI\_Testing, Iqtest, Check\_of\_knowledge\_v1, Assistent\_v2, OPEN TEST, MIFTests. Кожна з цих програм призначена для перевірки знань тестуванням на комп'ютері, але кожна з них має свої відмінності та особливості в порівнянні з іншими [2].

Найбільш поширеним та перспективним для використання в навчальному процесі є програми-оболонки, що дозволяють створювати тестові завдання та методичний супровід до них, формувати набори запитань і використовувати їх при проведенні контролю знань. Цей клас програм передбачає використання комп'ютера як в процесі підготовки до проведення контролю, так і при його проведенні, а також обробки результатів (Test-W, Test-W2, EasyQuizzy, MyTest, MyTestX).

Ми погоджуємось з думками багатьох вчителів, що найбільш пристосованою до сучасних вимог, формату зовнішнього незалежного оцінювання та проведення тестування на уроках фізики в школі є програма MyTest та MyTestX. За допомогою цієї програми легко створювати різні тести. MyTestX – це система програм (програма тестування учнів, редактор тестів та журнал результатів) для створення та проведення комп'ютерного тестування, збору та аналізу результатів, виставлення оцінок за вказаною в тесті шкалою (вказувати шкалу може сам вчитель).

Програма MyTest X працює з дев'ятьма типами завдань: одиничний вибір, множинний вибір, встановлення порядку, встановлення відповідності, вказівка істинності чи хибності тверджень, ручне введення числа, ручне введення тексту, вибір місця на зображенні, перестановка букв. У тесті можна використовувати будь-яку кількість будь-яких типів завдань. У завданнях з вибором відповіді (одиничний, множинний вибір, вказівка порядку, вказівка істинності) можна використовувати до 10 (включно) варіантів відповіді. Програма складається з трьох модулів: Модуль тестування (MyTestStudent);

Редактор тестів (MyTestEditor); Журнал тестування (MyTestServer). Програма легка і зручна у використанні. Для створення тестів є дуже зручний редактор тестів та прекрасний інтерфейс.

Тестові технології у навчанні фізики сприяють досягненню оптимальної дії всіх елементів системи навчання, оскільки забезпечують зворотній зв'язок, спрямований на навчальну діяльність учителя та учнів. Використання тестових завдань в автоматизованих контрольно-навчальних програмах дозволяє учням самостійно виявляти пропуски в структурі своїх знань і приймати заходи для їх ліквідації, а також розвиває навички роботи з тестовими завданнями як такими, що є підґрунтям для успішного складання ЗНО з фізики.

### Список використаних джерел:

1. Булах І.Є. Створюємо якісний тест: навч. посіб. К.: Майстер-клас. 2006. 160 с.
2. Використовування онлайн-платформ для створення тестів [Електронний ресурс]. URL: <http://ict.ippo.edu.te.ua/files/files/rekomendacii/vikoristannya-onlajn-platform-dlya-stvorennya-testiv-ta-opituvan.pdf>
3. Конструювання тестів. Курс лекцій: навч. посіб. / Л.О. Кухар, В.П. Сергієнко. Луцьк, 2010. 182 с.
4. Поведа Т. П. підготовка майбутнього вчителя до використання тестових технології у навчанні фізики // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. Випуск 9. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. С. 91-96.

*The article describes the advantages of testing students' knowledge of physics. It is noted that computer testing is one of the forms of testing the knowledge of students, which is characterized by the speed of testing procedure and verification of its results, as well as the objectivity of the evaluation. Test checking of knowledge provides feedback of a teacher and a pupil, is simultaneously a means of teaching and control and motivates a pupil to study physics.*

**Key words:** test technology, computer test, test creation applications, physics tests.

УДК 004.942; 004.032.26

**Марисюк А.А.**, студентка 2 курсу освітнього рівня «магістр» фізико-математичного факультету;  
**Пилипюк Т.М.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент

## **ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ**

*У статті пропонується один із методів застосування штучних нейронних мереж у задачах прогнозування. Розглянуто алгоритми навчання нейронної мережі для прогнозування. Представлено алгоритм Левенберга-Марквардта дослідження штучної нейронної мережі для прогнозування курсу криптовалют. Зроблено відповідні висновки.*

**Ключові слова:** штучна нейронна мережа, навчання, багатошаровий перцептрон, алгоритм Левенберга-Марквардта, прогнозування, криптовалюта.

**Вступ.** Актуальність застосування штучних нейронних мереж (ШНМ) зростає, коли є необхідність вирішення погано формалізованих задач. Основні області застосування нейронних мереж – автоматизація процесів: класифікації, прогнозування, розпізнавання, прийняття рішень, управління; кодування і декодування інформації; апроксимація залежностей та ін. Потенційними областями застосування штучних нейронних мереж є ті, де людський інтелект малоефективний, а традиційні обчислення трудомісткі або фізично неадекватні (тобто не відображають або погано відображають реальні фізичні процеси і об'єкти) [1].

З інженерної точки зору ШНМ – це паралельно розподілена система обробки інформації, утворена тісно зв'язаними простими обчислювальними вузлами (однотипними або різними), що має властивість накопичувати експериментальні знання, узагальнювати їх і робити доступними для користувача у формі, зручній для інтерпретації й прийняття рішень [2; 4].

Задача прогнозування курсу криптовалют є достатньо новою, подібна до задачі прогнозування курсу валют, але має і суттєві відмінності. На ринку присутні рішення даної задачі, проте зазвичай вони представлені у вигляді комерційного сервісу і не розкривають деталі реалізації.

Розумні вкладення в криптовалюти здатні принести великі дивіденди. Для того, щоб заробити на криптовалютному трейдингу необхідно вміти правильно спрогнозувати майбутній рух цін.

**Основна частина.** Для вирішення конкретного завдання прогнозування необхідно виконати налаштування мережі для отримання найкращих результатів. Під налаштуванням мережі мається на увазі визначення, головним чином, кількості нейронів у прихованих шарах. Крім того, сюди ж можна додати вибір алгоритму навчання нейронної мережі.

Вибір найбільш ефективного алгоритму навчання ШНМ здійснювався серед таких: алгоритму Левенберга-Марквардта (працює швидко); алгоритму

Байєсовської регуляризації (займає більше часу, але може показати найкращі результати для зашумлених даних та невеликих задач); алгоритму масштабованих сполучених градієнтів (потрібно менше пам'яті). Щоразу в результаті навчання нейронної мережі будуть отримані інші рішення. Це пов'язано з різними початковими вагами та різними способами поділу вихідних даних на навчальну, перевірочну та тестову підмножини. В результаті для кожної нейронної мережі одним й тим самим вхідним даним будуть відповідати різні вихідні значення. Щоб гарантувати хорошу точність навчання мережі, необхідно перенавчати кілька разів.

Розглянемо застосування алгоритму Левенберга-Марквардта для навчання багат шарової нейронної мережі. У процесі навчання мінімізується середньоквадратична помилка. Якщо значення виходу рівноймовірні, то середньоквадратична помилка пропорційна сумі квадратів помилок всіх виходів у навчальній множині.

Алгоритм Левенберга – Марквардта – метод оптимізації, спрямований на вирішення завдань про найменші квадрати. Є альтернативою методу Ньютона. Може розглядатися як комбінація останнього з методом градієнтного спуску або метод довірчих областей. Алгоритм був сформульований незалежно Левенбергом (1944) та Марквардтом (1963). Алгоритм успішно поєднує у собі спосіб якнайшвидшого спуску (тобто, мінімізації вздовж градієнта) і метод Ньютона (тобто, використання квадратичної моделі для прискорення пошуку мінімуму функції). Від методу якнайшвидшого спуску алгоритм запозичив стабільність роботи, від методу Ньютона – прискорену збіжність в околі мінімуму [3].

Ключовим кроком у алгоритмі Левенберга-Марквардта є обчислення якобіана. Для виконання цього обчислення використовується варіація алгоритму зворотного поширення, у класичному варіанті якого обчислюються похідні квадратів помилок щодо ваг та зсувів мережі.

Для обчислення якобіана необхідно обчислити похідні від помилок, а не від квадратів. Перш ніж уявити саму процедуру обчислення якобіана, необхідно детальніше вивчити його форму.

$$J(x) = \begin{pmatrix} \frac{\partial v_1(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial v_1(x)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial v_1(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial v_2(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial v_2(x)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial v_2(x)}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial v_N(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial v_N(x)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial v_N(x)}{\partial x_n} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Вектор помилок подається у вигляді:

$$v^t = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_N] = e_{1,1} e_{2,1} \dots e_{S^M,1} e_{1,2} \dots e_{S^M,Q}, \quad N = Q \times S^M,$$

а вектор параметрів:

$$x^T = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_N] = w_{1,1}^1 w_{1,2}^1 \dots e_{1,1} b_1^1 \dots b_{S^1}^1 w_{1,1}^2 \dots b_{S^M}^M,$$

де  $n = S^1 (R + 1) + S^2 (S^1 + 1) + \dots + S^M (S^{M-1} + 1)$ .

Виконуючи підстановку, отримаємо такий запис якобіана:

$$J(x) = \begin{pmatrix} \frac{\partial e_{1,1}}{\partial w_{1,1}^1} \\ \frac{\partial e_{2,1}}{\partial w_{1,1}^1} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{SM,1}}{\partial w_{1,1}^1} \\ \frac{\partial e_{1,1}}{\partial w_{1,2}^1} & \dots & \frac{\partial e_{1,1}}{\partial w_{S^1,R}^1} & \frac{\partial e_{1,1}}{\partial b_1^1} & \dots \\ \frac{\partial e_{2,1}}{\partial w_{1,2}^1} & \dots & \frac{\partial e_{2,1}}{\partial w_{S^1,R}^1} & \frac{\partial e_{2,1}}{\partial b_1^1} & \dots \\ \vdots & & & & \\ \frac{\partial e_{SM,1}}{\partial w_{1,2}^1} & \dots & \frac{\partial e_{SM,1}}{\partial w_{S^1,R}^1} & \frac{\partial e_{SM,1}}{\partial b_1^1} & \dots \\ \dots & \dots & \frac{\partial e_{1,2}}{\partial w_{S^1,R}^1} & \frac{\partial e_{1,2}}{\partial b_1^1} & \dots \end{pmatrix} \quad (2)$$

Елементи якобіана можуть бути обчислені за допомогою простої модифікації алгоритму зворотного поширення за формулою:

$$[J]_{h,l} = \frac{\partial v_h}{\partial x_l} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial x_l} \quad (3)$$

В алгоритмі зворотного поширення використовується таке поняття, як чутливість, яка обчислюється через рекурентне співвідношення від останнього шару до першого. Та ж концепція використовується для обчислення умов, необхідних для елементів якобіана та чутливість Марквардта:

$$S_{i,h}^{-m} = \frac{\partial v_h}{\partial n_{i,q}^m} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial n_{i,q}^m}, \text{ де } h = (q - 1)S^M + k$$

Елемент якобіана вираховується за формулою:

$$[J]_{h,l} = \frac{\partial v_h}{\partial x_l} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial w_{i,j}^m} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial n_{i,q}^m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} \times a_{i,q}^{-m} \quad (4)$$

Чутливість Марквардта може бути обчислена через ті ж рекурентні співвідношення, як і стандартна чутливість  $v^t = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_N] = e_{1,1} \ e_{2,1} \ \dots \ e_{SM,1} \ e_{1,2} \ \dots \ e_{SM,Q}$ ,  $N = Q \times S^M$  з єдиною модифікацією на останньому шарі.

$$S^M = F^M(n^M)(W^{M+1})^T S^{M+1}$$

$$\frac{\partial (a_{k,q} - a_{k,q}^M)}{\partial n_{i,q}^M} = \frac{-\partial a_{k,q}^M}{\partial n_{i,q}^M} = \begin{cases} -f^M(n_{i,q}^M), \text{ для } i = k \\ 0, \text{ для } i \neq k \end{cases} \quad S_{i,h}^{-m} = \frac{\partial v_h}{\partial n_{i,q}^M} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial n_{i,q}^M}$$

Коли на вхід мережі подається вектор вхідних значень  $p_q$  та на виході мережі виходять відповідні обчислені значення  $a_q^M$ , то алгоритм зворотного поширення за допомогою методу Левенберга-Марквардта ініціалізується.

Кінцева матриця чутливостей Марквардта створюється шляхом розширення матриць, обчислених для кожного входу:  $S^m = [S_1^m | S_2^m | \dots | S_Q^m]$ .

Вектор чутливості обчислюється для кожного входу, тому що потрібно обчислити похідні безпосередньо від кожної помилки, а не від суми квадратів помилок. Кожному входу, що подається нейронною мережею, будуть відповідати свої помилки (своя для кожного елемента вихідного вектора), а

кожній з цих помилок буде відповідати один рядок у яacobіані. Після обчислення чутливості Марквардта, елементи яacobіана обчислюються за формулою:

$$[J]_{h,l} = \frac{\partial v_h}{\partial x_l} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial w_{i,j}^m} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial n_{i,q}^m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} a_{i,q}^{-m} \quad (5)$$

Тепер з урахуванням вищеописаного можемо сформулювати ітераційний алгоритм зворотного поширення Левенберга-Марквардта.

Для кожного входу нейронної мережі обчислюються відповідні виходи та їх помилки  $e_q = t_q - a_q^M$ . Обчислюється сума квадратів помилок  $F(x)$  по всіх входах:

$$x_{k+1} = x_k - [2J^T(x_k)J^T(x_k)]^{-1} 2J^T(x_k) v(x_k) = x_k - [J^T(x_k)J(x_k)]^{-1} J^T(x_k) v(x_k)$$

Обчислюється матриця Якобі за рекурентними формулами

$$S_q^m = F^M(n_q^m)(W^{m+1})^T S_q^{m+1}$$

Отримана матриця доповнюється значеннями чутливості Марквардта

$S^m = [S_1^m | S_2^m | \dots | S_Q^m]$  та обчислюються елементи матриці Якобі.

Розв'язується рівняння:

$$\Delta x_k = -[J^T(x_k)J(x_k) + \mu_k I]^{-1} J^T(x_k) v(x_k)$$

для отримання  $\Delta x_k$ .

Перераховується сума квадратів помилок з урахуванням  $x_k + \Delta x_k$ . Якщо отримана сума менша за ту, що була поражена на першому кроці, то ділиться  $\mu$  на  $\alpha$ , змінюється значення  $x_{k+1} = x_k + \Delta x_k$  і відбувається перехід до першого кроку. Якщо ж сума квадратів помилок не зменшилася, то  $\mu$  множиться на  $\alpha$  і відбувається перехід до третього кроку.

Алгоритм завершує свою роботу, коли градієнт (6) стане менший деякого наперед заданого значення або сума квадратів помилок буде в допустимих межах.

$$[J]_{h,l} = \frac{\partial v_h}{\partial x_l} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial w_{i,j}^m} = \frac{\partial e_{k,q}}{\partial n_{i,q}^m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} \times \frac{\partial n_{i,q}^m}{\partial w_{i,j}^m} = S_{i,h}^{-m} \times a_{i,q}^{-m} \quad (6)$$

Головною перевагою алгоритму Левенберга – Марквардта є його швидка збіжність, а також точний результат за порівняно невеликий час. До недоліків можна віднести необхідність у великому обсязі пам'яті для зберігання всіх даних.

Для прогнозування курсу криптовалют було створено програмний засіб, який моделює багатосаровий перцептрон прямого поширення та який навчається за допомогою алгоритму Левенберга-Марквардта.

Результатом роботи програмного засобу є прогнозовані значення курсу криптовалют у вигляді набору значень. Нейронна мережа була реалізована у середовищі MATLAB з використанням програмної бібліотеки Deep Learning Toolbox. Програмний засіб будує прогноз для конкретного алгоритму навчання та фіксованої кількості нейронів у прихованому шарі. Як тимчасовий ряд використано статистичні дані поденного усередненого курсу криптовалют Bitcoin та Ethereum з 2020 по 2021 рік з сайту Міністерства Фінансів України [5].

За допомогою нейронної мережі необхідно було отримати передбачувані



значення курсу криптовалют та порівняти їх з вихідними даними, щоб оцінити якість прогнозу, а потім отримати прогнозовані дані.

Для перевірки проводилося ряд досліджень над курсами криптовалют Bitcoin та Ethereum.

Структуру нейронної мережі для прогнозування курсу Bitcoin та Ethereum на 14 днів подано на рисунку 1.

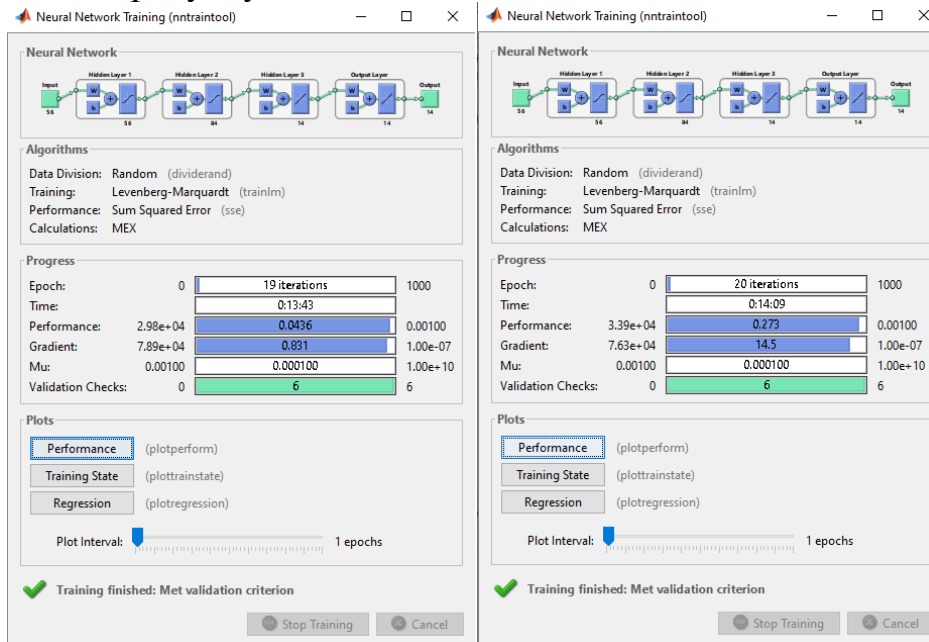


Рис. 1. Нейронна мережа для прогнозування курсу Bitcoin та Ethereum на 14 днів

Для навчання нейронної мережі використовується одна епоха (epoch), для даного набору даних використовується 19 (20) спроб виконати епоху – ітерацій (iterations), на навчання витрачається 13-14 хв.

В результаті проведення серій обчислювальних експериментів на основі відомих статистичних даних [5] було отримано прогноз. На рисунках 2 та 3 відображено графіки реальних та прогнозованих даних курсу криптовалют на 14 днів.

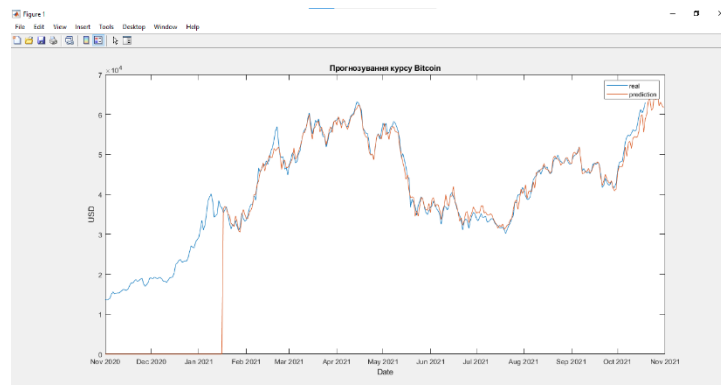


Рис. 2. Реальні дані та прогнозований курс Bitcoin на 14 днів

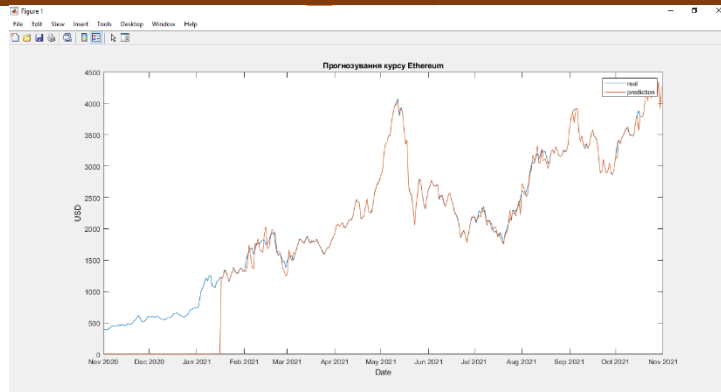


Рис. 3. Графік порівняння реальних та прогнозованих даних курсу Ethereum

Відхилення між реальним та прогнозованим графіком не є суттєвим, тому можна вважати, що прогноз є вдалим.

**Висновки.** Запропонований метод застосування штучних нейронних мереж у задачах прогнозування курсу криптовалют базується на алгоритмі Левенберга-Марквардта дослідження штучної нейронної мережі. Штучна нейронна мережа виявляється не трудомісткою та показує невелику помилку прогнозу. При збільшенні кількості нейронів покращується якість прогнозу та зменшується відхилення.

### Список використаних джерел:

1. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. К.: КМ Академія, 2002. 366 с.
2. Кононюк А.Ю. Нейронні мережі і генетичні алгоритми. К.: «Корнійчук», 2008. 446 с.
3. Поляк Б.Т. Метод Ньютона та її роль оптимізації та обчислювальної математики // Праці Інституту Системного Аналізу Російської Академії Наук, 2006. Т. 28. С. 44-62.
4. Руденко О.Г., Бодянський Є.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 404 с.
5. Сайт Міністерства Фінансів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://minfin.com.ua/ua/currency/crypto/>

*The article proposes one of the methods of using artificial neural networks in forecasting problems. Algorithms for learning the neural network for prediction are considered. The Levenberg-Marquardt algorithm of research of an artificial neural network for forecasting of a cryptocurrency rate is presented. Appropriate conclusions have been made.*

**Key words:** artificial neural network, learning, multilayer perceptron, Levenberg-Marquardt algorithm, forecasting, cryptocurrency.

УДК 378.147:371.134:53:004.92:004.55

**Пищаль А.О.**, аспірант кафедри фізики;  
**Кух А.М.**, доктор педагогічних наук, доцент;  
**Кух О.М.**, асистент кафедри комп'ютерних наук

## **ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАННІ ФІЗИКИ В ШКОЛІ**

*Розглядається проблема застосування інформаційних та комунікаційних цифрових технологій на уроках фізики. Основна увага приділена використанню цифрових лабораторій під час підготовки і проведення навчального фізичного експерименту. Проведено аналіз типових сучасних цифрових лабораторій та обґрунтовано доцільність їх використання під час організації навчально-пізнавальної діяльності учнів при вивченні фізики.*

**Ключові слова:** інформатизація освіти, цифрові лабораторії, навчальний фізичний експеримент, цифрові технології.

Сьогодні велика кількість навчальних програмних засобів використовується на уроках фізики для активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів. В умовах дистанційної освіти це чи не єдиний засіб формування інтересу до вивчення фізики і виконання навчального плану вивчення предмету. І хоч ніякий комп'ютер не замінить реальний фізичний експеримент, використання комп'ютера є цілком виправданою необхідністю. Для вчителів фізики використання інноваційних технологій при проведенні навчального фізичного експерименту відкриває цілу низку можливостей. Інформаційні технології можуть використовуватись як при проведенні реального експерименту, так і при проведенні модельного, комп'ютерного. У сучасних школах постійно розширюється інформаційна база, з'являються нові технології фізичної освіти, які включають в себе нове комп'ютерне обладнання, що значно розширює можливості вчителя фізики для демонстрацій та пояснення різноманітних фізичних явищ.

Аналіз літературних джерел і практики використання інформаційних та цифрових технологій в процесі навчання фізики в школі[] показує, що їх впровадження у навчальний процес є актуальною проблемою, яка потребує суттєвого науково-теоретичного та експериментально-методичного обґрунтування.

Мета статті: здійснити аналіз інформаційних педагогічних програмних засобів (ППЗ) та цифрових технологій для використання в навчальному процесі з фізики в загальноосвітній школі.

Використання фізичних експериментів безумовно активізують пізнавальну діяльність учнів, тому одним з основних завдань, які ставляться перед учителем фізики, є пошук оптимальних форм і методів інтегрування реального і віртуального експериментів, що сприятимуть наочності й доступності сприйняття матеріалу [1]. Використання віртуальних моделей у навчальній діяльності дозволяє формувати в учнів уміння самостійно

проектувати найпростіші моделі фізичних об'єктів[2].

Оскільки сучасна методика фізики пропонує велику кількість демонстрацій з кожної теми шкільного курсу фізики, перед учителем виникає проблема відбору віртуальних дослідів, які найповніше відповідають дидактичній меті дослідження, найвиразніше ілюструють явище чи фізичну теорію і можуть бути відтворені під час реального фізичного експерименту [3]. Використання ППЗ на уроках фізики необхідне, але завжди (коли це можливо) в комплексі з реальними дослідями, тому що фізика – наука експериментальна. Не слід зловживати ППЗ і перетворювати реальний експеримент на віртуальний. Будь-яке ППЗ, яке б воно добре не було, повинно мати межі свого використання, а тому не слід зациклюватися тільки на ньому, необхідно використовувати й інші методи навчання.

Використання віртуальних моделей у навчальній діяльності пов'язане з формуванням в учнів уміння самостійно проектувати у віртуальному середовищі найпростіші моделі фізичних об'єктів. Оскільки сучасна методика фізики пропонує велику кількість демонстрацій з кожної теми шкільного курсу фізики, перед учителем виникає проблема відбору віртуальних дослідів, які найповніше відповідають дидактичній меті дослідження, найвиразніше ілюструють явище чи фізичну теорію і можуть бути відтворені під час реального фізичного експерименту.

Теперішність навчання фізики відзначається оновленням педагогічних програмних засобів і технологій. Першість тут належить програмному продукту об'єднання «Квазар-мікро» «Бібліотека електронних наочностей» та «Віртуальна фізична лабораторія», які використовуються як для постановки фронтального експерименту, так і для виконання лабораторних робіт. Для розробки уроків з фізики використовується «Конструктор уроків».

ППЗ «Фізика 7-9. Електронний задачник» дозволяє персонально (при використанні комп'ютерної мережі) підійти до розв'язування задач і виявити можливі прогалини в знаннях учнів.

На уроках астрономії широко використовують віртуальну модель зоряного неба «Stellarium» [4]. Такий засіб корисний при вивченні зоряного неба, планет Сонячної системи, зоряних скупчень, галактик та багатьох інших об'єктів.

ППЗ «Фізика та астрономія» містить в собі велику кількість моделей для вивчення фізики, відеороликів про вчених-фізиків та 8 навчальних фільмів з астрономії. Демонстрація відеороликів про вчених стимулює до вивчення предметів через знайомство з життям вченого. Демонстрація фрагментів навчальних фільмів в багатьох випадках дозволяє учням при їх перегляді знайти додаткові приклади того чи іншого явища, а також приклади його застосування.

Одним із популярних засобів для навчання природничим наукам є інтерактивний проект Phet-моделювання Університету Колорадо[5], який містить велику кількість безкоштовних, цікавих, інтерактивних, науково обґрунтованих комп'ютерних моделей для предметів природничо-математичного циклу. Всі Phet-симуляції знаходяться у вільному доступі на Phet-сайті і прості для використання в класі. Вони написані в Java і Flash, тому

можуть бути запущені за допомогою стандартного веб-браузера. Утім, для забезпечення освітньої ефективності і зручності використання всі моделі широко апробовані й оцінені.

Ще одним прикладом проектного середовища є VirtuLab «Виртуальная образовательная лаборатория»[6], дозволяє здійснити підготовку до експерименту, отримати пояснення явищ, що вивчаються і провести аналіз експерименту. Аналогічними властивостями характеризується і педагогічно-програмні засоби: "Віртуальна фізична лабораторія. Фізика 10–11" (для загальноосвітніх навчальних закладів)[1], віртуальна лабораторія All-fizika.com, лабораторія фізичних симуляцій MyPhysicsLab, фізична лабораторія Physica Sciences.

Ідея досліду, його хід й отримані результати мають бути зрозумілими учням. З цією метою вчитель пояснює схему установки, усі її складові, звертає увагу на вимірювальні прилади, або на ті елементи, що виявляють спостережуваний ефект. Для моделювання і дослідження процесів, які відбуваються в електричних колах, існує набір спеціалізованих пакетів MicroCap, DesingLab, Multisim, Electronics Workbench, які можуть використовуватися у шкільній практиці.

Сьогодні науково-технічна промисловість пропонує нове навчальне обладнання, яке легко поєднується з комп'ютерною технікою. До його складу входять аналого-цифрові перетворювачі, різноманітні датчики фізико-хімічних величин, навчальні прилади, які керуються цифровими пристроями, автоматизовані навчально-експериментальні комплекси. Цифрова лабораторія – це сучасна універсальна комп'ютеризована лабораторна система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології. Основу лабораторії складає персональний мобільний комп'ютер із сенсорним екраном Nova 5000, вимірювальні датчики, програмне забезпечення і реєстратор USB Link для персонального комп'ютера[3].

Прикладом такого обладнання є цифрова лабораторія Einstein, що дозволяє учням значно розширити свої знання з відповідних тем, дає змогу організувати перехід від виключно якісних оцінок досліджуваних явищ до системного аналізу їх кількісних характеристик. Цифрова лабораторія – це сучасна універсальна комп'ютеризована лабораторна система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології[2]. Основу лабораторії складає реєстратор даних LabMate+, вимірювальні датчики, програмне забезпечення і реєстратор USB Link для персонального комп'ютера. Використовуючи USB або Bluetooth з'єднання, Einstein™ LabMate™ + підключається до пристроїв на базі Windows, Linux, Mac, Android та iOS. До даної комплектації входить 8 зовнішніх датчиків, які розширюють перелік лабораторних робіт, які можуть бути виконані за допомогою цифрової лабораторії [5]

Під час роботи з цифровою лабораторією в рамках проведення лабораторних досліджень можна зазначити наступні позитивні моменти:

– велику точність результатів вимірювань і їх достовірність,

оскільки програмні засоби дають можливість застосовувати методи, які знижують нагромадження похибок під час округлення й обчислення проміжних величин;

- автоматизацію збору, обробки та систематизації даних, що економить час і сили учнів і надає можливість зосередити увагу на фізичній суті досліджуваного явища;

- традиційні лабораторні роботи набувають нового змісту й більшого обсягу і стають цікавими для учнів, оскільки використовується сучасне комп'ютерне обладнання;

- отримані дані в графічній і табличній формах дають можливість не лише наочно спостерігати досліджувані процеси, але й проводити серйозну статистичну обробку результатів;

Як показує практика, учні, які використовують цифрові технології під час навчального дослідження, відрізняються глибиною розуміння суті досліджуваних явищ і їх відповіді на запитання є більш ґрунтовними[4].

Працювати з даним цифровим комплексом можливо у двох варіантах.

1. Основу першого варіанту складає Реєстратор даних LabMate+ – особливий реєстратор, який за допомогою USB кабелю може бути під'єднаний до будь-якого комп'ютера. До цього реєстратора може бути одночасно підключено до восьми датчиків, що, більш ніж достатньо для проведення навіть складних експериментів. Підключивши веб-камеру, можна буде не лише проводити складні експерименти, але і створити високоінформативні мультимедійні презентації, які будуть містити звук, текст, відеоматеріали й експериментальні дані.

2. Основу другого варіанту складає власне портативний комп'ютер. Щоб зручніше працювати з комп'ютером, можна використовувати маніпулятор «миша» і клавіатуру. Час автономної роботи комп'ютера від вбудованого акумулятора – близько 3 годин. До складу кожної лабораторії входить комплект датчиків і програмне забезпечення – програма MultiLab.

Використання сучасних цифрових лабораторій є ефективним засобом активізації дослідницької діяльності школярів. Наочні демонстрації з основних розділів фізики з використанням сучасних інформаційних технологій в подальшому допоможе зрозуміти і освоїти принципи одержання даних та здійснення автоматизованих розрахунків. Простота у керуванні цифровими лабораторіями є важливим моментом при виборі обладнання для фізичних дослідів. Завдяки їм можна швидше, якісніше, точніше, правильніше відтворити фізичний експеримент і з легкістю отримати результати підраховані комп'ютером, даючи змогу подальшого аналізу чи доопрацювання результатів того чи іншого фізичного явища.

Використання цифрових лабораторій та інформаційних засобів під час проведення навчального фізичного експерименту, надає можливість компенсувати недостатню матеріальну базу кабінетів фізики. Також сприяє розвитку у дітей творчого та логічного мислення, навчає аналізувати, співставляти, синтезувати та оцінювати інформацію, яка ґрунтуються на основі інтерпретації даних, графіків, таблиць, діаграм тощо.

### Список використаних джерел:

1. Желюк О.М. Засоби НІТ у навчальному фізичному експерименті. Фізика та астрономія в школі. 2003. № 3. С.39-43.
2. Лаврова А. В., Олійник С. С. Використання мультимедійних засобів під час навчання фізики. Актуальні проблеми математики, фізики і технологічної освіти. 2012. № 2. С. 54-59.
3. Заболотний В.Ф., Лаврова А.В. Шкільний фізичний експеримент з використанням комп'ютерно орієнтованих засобів навчання. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна. 2014. Вип. 20. С. 136-139.
4. Петриця А. Особливості використання цифрових лабораторій у навчальному фізичному експерименті. Молодь і ринок. 2019. № 1. С. 44-48.
5. Сипчук Є.Ю. Використання цифрових лабораторій на уроках фізики. Технології електронного навчання. № 4 (2020). С. 78.

*The inconvenience of introducing information and communication digital technologies in physics classes is considered. The main attention is paid to the use of digital laboratories in the preparation and conduct of educational physical experiment. The analysis of typical modern digital laboratories is carried out and expediency of their use in the organization of educational and cognitive activity in the study of physics is substantiated.*

**Key words:** informatization of education, digital laboratories, teaching physical experiment, digital technology.

УДК 378.147:371.134:53:004.92:004.55

**Кух А.М.**, доктор педагогічних наук, доцент;  
**Пицаль А.О.**, аспірант кафедри фізики;  
**Кух О.М.**, асистент кафедри комп'ютерних наук

### ВИКОНАННЯ НАВЧАЛЬНИХ STEM ПРОЄКТІВ З ФІЗИКИ У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ AUTODES TINKERCAD

*Обґрунтовано можливості використання симулятора Tinkercad в процесі реалізації навчальних STEM проєктів для розробок на платформі Arduino. Здійснено огляд основного функціоналу і корисних можливостей Tinkercad Circuits. Наведено приклад виконання проєкту.*

**Ключові слова:** симулятор, схемотехніка, робототехніка, програмування.

Поява перших мікропроцесорів ознаменувало початок нової ери в розвитку мікропроцесорної техніки. Наявність в одному корпусі більшості системних пристроїв зробило мікроконтролер подібним звичайного комп'ютера. Раніше вони називалися однокристальними мікроЕОМ[1]. Щоб зібрати пристрій на основі мікроконтролера необхідно знати основи схемотехніки, будову і роботу конкретного процесора, вміти програмувати на Assembler і виготовляти електронну техніку. З появою платформи Arduino процес реалізації таких

проектів докорінно змінився. Arduino це електронний блок з мікроконтролером і елементами управління. Невід'ємною частиною Arduino є програмний код, який забезпечує управління певним електронним компонентом на основі мови програмування C/C++ [1].

Для реалізації STEM проектів пропонується різноманітні програмні віртуальні середовища. Програмування контролерів Arduino зручно здійснювати в спеціальному середовищі Arduino IDE, оскільки в неї включений основний функціонал для роботи з ними. Однак для моделювання і навчання ми пропонуємо використовувати віртуальне середовище AutoDec Tinkercad.

Нагадаємо, що симулятор і емулятор — поняття близькі, але не ідентичні. Симулятором називають пристрій або сервіс, що імітує певні функції системи, але не прагне створення точної копії. Це деяке віртуальне середовище, яке демонструє основні властивості і можливості системи, що моделюється. Емулятор — це повноцінний аналог, здатний замінити оригінал. Tinkercad симулює роботу електронних схем і контролера, але при цьому він є емулятором Arduino, реалізуючи практично всі базові функції Arduino IDE — середовища редагування і компілятора програмного коду.

Tinkercad — це онлайн сервіс компанії Autodesk, провідного концерну САД-систем (систем автоматизованого проектування — AutoCAD). Tinkercad вже давно відомий як просте і безкоштовне середовище для навчання 3D-моделювання. З його допомогою можна досить легко створювати свої моделі і відправляти їх на 3D-друк. Зовсім недавно Tinkercad отримав можливість створення електронних схем і підключення їх до симулятора віртуальної плати Arduino. Ці вкрай важливі і потужні інструменти здатні істотно полегшити початківцям розробникам Arduino процеси навчання, проектування та програмування нових схем.

Tinkercad був створений в 2011 році, його автори — Кай Бекман (Kai Backman) і Мікко Мононен (Mikko Mononen). Продукт спочатку позиціонувався як перша Web-платформа для 3D-проективання, в якій користувачі могли ділитися один з одним результатами. У 2013 році сервіс був куплений компанією Autodesk і доповнила сімейство продуктів 123D. За весь цей час в рамках сервісу користувачами було створено і опубліковано понад 4 млн. проектів (3D-моделей). У червні 2017 р Autodesk вирішив перенести частину функціоналу іншого свого сервісу Electronics Lab Circuits.io, після чого Tinkercad отримав вкрай важливі і потужні інструменти.

До переліку основного функціоналу і корисних можливостей Tinkercad Circuits можна віднести:

- онлайн платформа, для роботи не потрібно нічого крім браузера і стійкого інтернету;
- зручний графічний редактор для візуального побудови електронних схем;
- набір попередньо встановлених моделей більшості популярних електронних компонентів, відсортоване за типами компонентів;
- симулятор електронних схем, за допомогою якого можна підключити створене віртуальне пристрій до віртуального джерела живлення і простежити,



як воно буде працювати;

- симулятор датчиків та інструментів зовнішнього впливу. Ви можете змінювати показання датчиків, стежачи за тим, як на них реагує система;
- вбудований редактор Arduino з монітором порту і можливістю покрокової налагодження;
- готові для розгортання проекти Arduino зі схемами і кодом;
- візуальний редактор коду Arduino;
- можливість інтеграції з рештою функціональністю Tinkercad і швидкого створення для вашого пристрою корпусу та інших конструктивних елементів - намальовані модель може бути відразу ж скинута на 3D-принтер;
- вбудовані підручники і величезне співтовариство з колекцією готових проектів.

Для прикладу розглянемо навчальний проєкт «Електронний пісковий годинник».

У цьому проєкті проєктується цифровий пісочний годинник, який вмикає світлодіод кожні десять хвилин, використовуючи вбудований таймер Arduino. Початок роботи фіксується за допомогою нового компонента: сенсора рівня (нахилу).

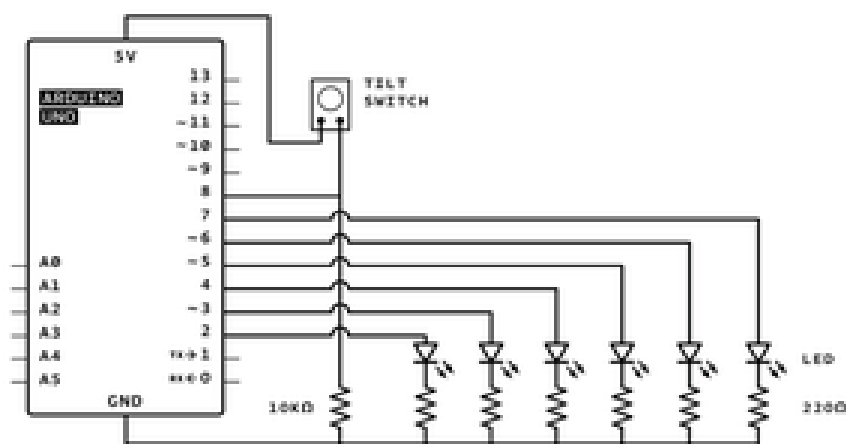


Рис. 1. Схема проєкту

Для виконання проєкту знадобляться наступні компоненти: 1 датчик нахилу, 6 світлодіодів, 6 резисторів 220 Ом, 1 резистор 10 кОм, Arduino Uno і макетна плата. На схемі сенсор нахилу підключений до цифрового контакту. Це двійковий перемикач: його або нахиляють в одну сторону, щоб увімкнути, або нахиляти в інший бік, щоб вимкнути. Усі світлодіоди під'єднані до цифрових контактів.

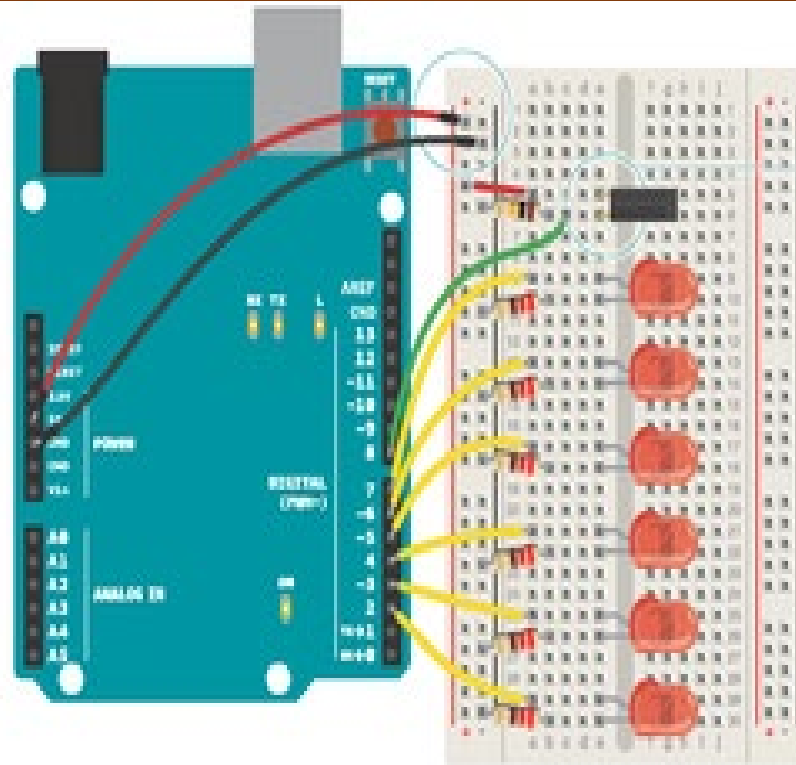


Рис. 2. Монтажна схема

Для контролю часу використаємо функцію `millis()`, яка відстежує час роботи вашого Arduino в мілісекундах. Називаємо це загальним часом, що минув від початку роботи пристрою. Під час роботи `millis()` можна використовувати будь-який вхід або вихід.

Послідовність дій далі наступна

1. Відкрийте набір компонентів (натиснувши + Компоненти) і виберіть 4-контактний датчик нахилу в розділі *Усі компоненти*.
2. Розмістіть датчик на макетній платі зліва від світлодіодів, як показано на малюнку.
3. Під'єднайте один бік перемикача нахилу до 5-вольтової шини за допомогою провідника.
4. Підключіть іншу сторону до землі через резистор 10 кОм.
5. Під'єднайте клему, де стикаються датчик і резистор, до цифрового контакту 8.

Щоб виміряти проміжок часу між подіями в мілісекундах, слід використовувати функцію `millis()`. Бажано використовувати тип даних 'unsigned long' для зберігання його надзвичайно великих значень.

```
const int switchPin = 8;
unsigned long previousTime = 0;
int switchState = 0;
int prevSwitchState = 0;
int led = 2;
long interval = 15000;
void setup() {
    for(int x = 2; x < 8 ;x++){
        pinMode(x, OUTPUT);
    }
}
```

```

        } //кінець for()
        pinMode(switchPin, INPUT);
    } //кінець установки()

void loop() {
    unsigned long currentTime = millis();
    if(currentTime - previousTime > interval){
        previousTime = curentTime;
        digitalWrite(LED, HIGH);
        led++;
    }
    if(LED == 7){
        } //кінець вкладеного if()
        } //кінець зовнішнього if()
    switchState = digitalRead(switchPin);
    if(switchState != prevSwitchState){ //перемикач змінив положення
        for(int x = 2; x < 8; x++){
            digitalWrite(x, LOW);
        }
        LED = 2;
        previousTime = curentTime;
    }
    prevSwitchState = switchState;
} //кінець циклу()

```

На відміну від пісочного годинника, наповненого піском, світло піднімається або опускається в залежності від орієнтації перемикача. Реалізацію проєкту подано на рис. 3.

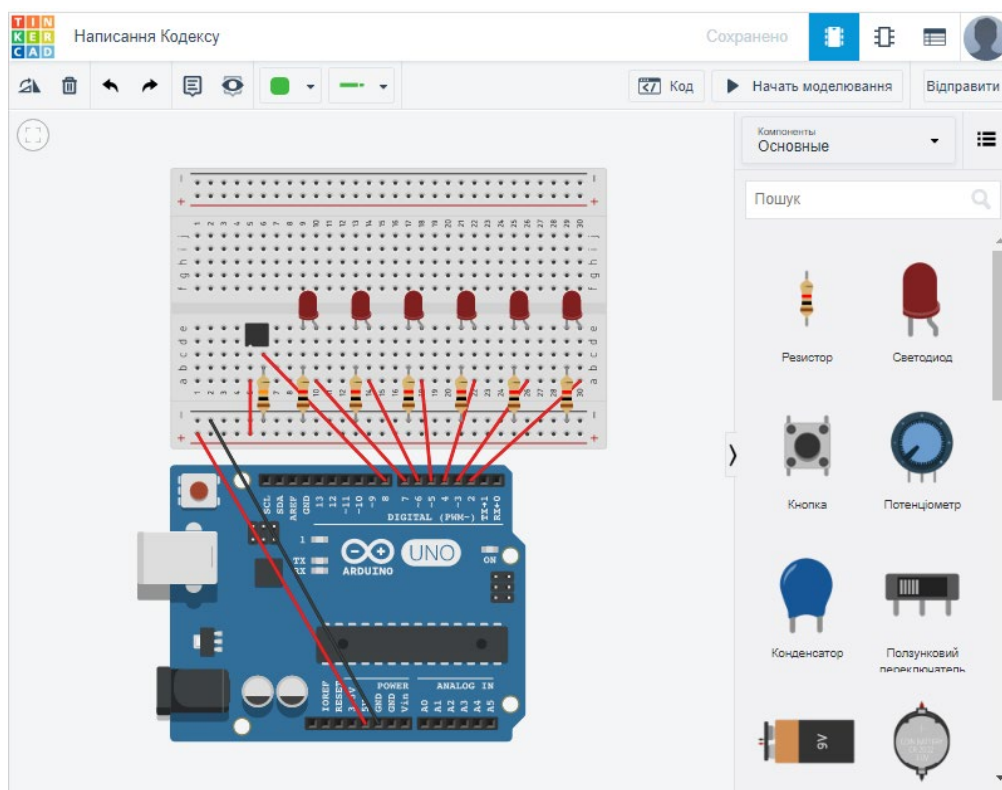


Рис. 3. Реалізація проєкту в TINCERCAD

Вважаємо, що на початковому етапі освоєння проєктів на основі

ARDUINO доцільно використовувати віртуальні середовища моделювання, зокрема AUTODEC TINTERCAD, через їх функціональність, простоту використання і наближеність до середовища ARDUINO IDE.

### Список використаних джерел:

1. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino [Текст]. СПб.: БХВ-Петербург. 2016. 464 с.
2. Современное образование: робототехника в школе [Электронный ресурс]: Techno-guide. Technologies of the future — Режим доступа: <http://techno-guide.ru/robototekhnika/sovremennoe-obrazovanierobototekhnika-v-shkole.html> .
3. Сомер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino / Freeduino [Текст]. Петербург. 2012. 256 с.
4. Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей [Текст]. СПб. Наука. 2013. 319 с.
5. Халамов В.Н. Образовательная робототехника на уроках информатики и физики в средней школе [Текст]. Челябинск: Взгляд. 2011. 160 с.
6. Хортон У., Хортон К. Электронное обучение: инструменты и технологии: пер. с англ. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ. 2005. 498 с.

*The article substantiates the possibilities of using the Tinkercad simulator during the implementation of STEM projects for development on the Arduino platform. An overview of the basic functionality and useful features of Tinkercad Circuits is given. An example of the project implementation is given.*

**Key words:** *simulator, circuitry, robotics, programming.*

УДК 517.5

**Підгрушняк Н.О.**, студентка 2 курсу освітнього рівня «магістр»  
фізико-математичного факультету;  
**Поведа Т.П.**, кандидат педагогічних наук, доцент.

### **АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛУ ФІЗИКИ «МЕХАНІКА»**

*У статті обґрунтовано, що активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів на уроках фізики сприяє підвищенню інтересу до предмету та забезпечує кращі результати навчання. До основних методів активізації діяльності учнів відносять новизну матеріалу, створення проблемних ситуацій на уроці, вивчення відомого учням під новим кутом, використання на уроках фізики відомостей з історії, зв'язок навчання з життям, ігрові форми навчання та нестандартні уроки фізики.*

**Ключові слова:** *активізація діяльності учнів, уроки фізики, ігри на уроках, дидактичні ігри.*

Зміни в нашому суспільстві призвели до того, що і освіта повинна

реформуватися та відповідати новим потребам. Суспільству нового типу потрібна особистість активна, дієва. В умовах сучасного освітнього середовища школа не може забезпечити інформацією належного обсягу і якості, навіть на короткий період часу. Причиною є стрімке зростання потоку наукової інформації. Щоб випускник міг поповнити нові знання за таких умов, осмислити одержану інформацію, необхідно навчити учнів активно працювати на уроках і самостійно, тобто навчити їх вчитись. Важливим завданням у цьому напрямі є використання методів активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів старших класів у процесі вивчення розділу фізики «Механіка» та визначення способів залучення учнів до активної роботи на уроках фізики.

Загальні питання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у різні періоди досліджували відомі психологи (Л. Виготський, С. Максименко, С. Рубінштейн, Н. Талізін і ін.), педагоги (Ш. Амонашвілі, Л. Аристова Т. Шамова і ін.) та сучасні науковці в галузі методики навчання фізики (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, А. Павленко, Т. Поведа, В. Савченко, Р. Швай, В. Шарко та ін.). Дослідження проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання фізики старшої школи відчутно збагатилися науково-методичними розробками С. Гончаренка, Є. Коршака, В. Лозової.

Об'єктом нашого дослідження є навчально-пізнавальний процес навчання фізики учнів старшої школи загальноосвітніх навчальних закладів.

Предмет дослідження становлять прийоми і засоби активізації навчально-пізнавальної діяльності, що розвивають пізнавальний інтерес старшокласників у процесі вивчення розділу «Механіка».

Відповідно до мети дослідження, були поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати загальні поняття, необхідні для розуміння сутності та змісту активізації навчально-пізнавальної діяльності у старшокласників.
2. Проаналізувати, прийоми і засоби, що активізують пізнавальну діяльність учнів старшої школи на уроках фізики.
3. Провести узагальнення методів та засобів активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів, які доцільно використовувати у процесі вивчення розділу фізики «Механіка».
4. Підтвердити гіпотезу, про те що активізація діяльності учнів сприяє підвищенню рівня знань.

Методами дослідження є аналіз наукової літератури за темою дослідження, систематизація, узагальнення, аналіз, термінологічний, аналітико-синтетичний та графічний методи, метод спостереження та використання емпіричних методів.

Наукове й практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що на основі аналізу літературних джерел та досвіду практичної діяльності було узагальнено методи активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів старших класів у процесі вивчення розділу фізики «Механіка», які можна застосовувати у практиці навчання фізики в старшій школі.

У нашому дослідженні ми обґрунтували, що для кращої активізації учнів до роботи на уроці потрібно дотримуватись певних критеріїв побудови

навчального матеріалу. До критеріїв побудови цікавого змісту навчального матеріалу можна віднести:

1. *Новизну навчального матеріалу, раптовість багатьох висновків і законів.* При цьому надзвичайно важливим є створення на уроці проблемної ситуації. Під час вивчення теми не потрібно думати, що учні зможуть самостійно пояснити цей факт. Учитель повинен сам пояснити дане явище і тим самим захопити увагу учнів [5].

2. *Вивчення відомого учням матеріалу під новим кутом зору.* Перш за все необхідно зазначити, що «нове» - це не тільки зовсім незнайоме, явище, про яке почули вперше. «Нове» можна дізнатися і про давно відомі речі. Наприклад, формула швидкості давно знайома учням, але формулюючи це поняття на уроках фізики, необхідно подумати, що нового про нього можна повідомити, щоб воно по-новому відкрилося перед учнями. Демонструючи рух кульки, варто показати, що швидкість має напрям, це поняття відносне. Виявляється, що швидкість учнів, які сидять у класі за партами, дорівнює 0 або 30 км/с, залежно від того, відносно Землі чи Сонця - розглядаємо ми цю швидкість. Це поновлення змісту матеріалу стимулює пізнавальні процеси, тим самим викликаючи і розвиваючи інтерес до знань.

3. *Використання на уроці відомостей з історії фізики.* Звернення до історії науки показує учням, який важкий і довгий шлях вченого до істини, яка сьогодні формується у вигляді короткого рівняння або закону. Справжній інтерес до науки може прищепити учням сама наука, переконуючи у цьому всім своїм попереднім досвідом, своєю захоплюючою історією.

4. *Зв'язок з життям.* Пізнавальний інтерес тільки тоді матиме міцну основу для свого розвитку, коли зв'язок між змістом навчального матеріалу і його призначенням у житті знайде постійне місце у системі уроків. Особливо важливо показати учням практичне використання матеріалу, що вивчається на уроці.

5. *Сучасні досягнення науки.* У програмі з фізики пропонується вказувати межі використання понять, законів і теорій класичної фізики, а також показати суперечності між її поняттями і законами та новими фактами, розв'язання яких дається сучасною наукою. Все це підвищує інтерес учнів до науки фізики.

Активізація пізнавальної діяльності учнів повинна розпочинатися з використання різних прийомів, що забезпечують глибоке і повне засвоєння учнями матеріалу, що вивчається:

1. *Організація сприймання нового матеріалу.* Велике значення має те, як вчитель вводить тему уроку. Не просто повідомляти її учням, а переконувати їх в логічній необхідності вивчення кожного наступного питання програми. Наприклад, приступаючи до вивчення закону всесвітнього тяжіння, нагадати учням, що вони вивчають сили природи і на сьогоднішньому уроці дізнаються про силу всесвітнього тяжіння. Тему уроку записати на дошці, а потім, щоб зацікавити учнів темою – поставити питання, на які вони зможуть знайти відповідь у процесі пояснення:

- Чи залежить сила тяжіння від висоти?
- Де сила тяжіння більша – на екваторі чи на полюсі?

- Чому крапелька дощу падає на землю, а не летить назад до хмар?

2. *Дидактичні ігри на уроках фізики.* Вони повинні бути різноманітні, як за змістом матеріалу, так і за формою проведення: творчі ігри – «Суд над фізичними поняттями», «Лабіринт»; ігри – змагання, пов'язані із з'ясуванням переможця (естафети на знання формул, одиниць вимірювання); ігри, спрямовані на виконання цікавого завдання (накреслити на дошці горизонтальну пряму за допомогою сполучених посудин); ігри з роздатковим матеріалом (лото); використання дитячих іграшок на уроках (визначення середньої швидкості електричної машини); використання художньої літератури на уроках фізики забезпечує естетичне виховання учнів [1; 3].

Методи і прийоми активізації, що їх застосовує вчитель, повинні враховувати рівень пізнавальних здібностей учнів, оскільки непосильні завдання можуть підірвати віру учнів у свої сили і не дадуть позитивного ефекту. Тому система роботи вчителя з активізації пізнавальної діяльності учнів повинна будуватись з врахуванням поступового і цілеспрямованого розвитку творчих пізнавальних здібностей учнів та розвитку їх мислення.

### Список використаних джерел:

1. Аналіз ефективності використання інтерактивних методів при навчанні фізики. URL: <https://sites.google.com/site/ludmilasunevic/9-uroki-fiziki-11kl>
2. Задніпрянець І.І. Сучасні освітні технології у викладанні фізики / упоряд. Л. Хольвінська. К.: Шк. світ, 2011. 128 с. (Бібліотека «Шкільного світу»).
3. Кучерова Г. М. Інтерактивні вправи та ігри. Харків: Основа, 2011. 144 с.
4. Лозова В. І. Цілісний підхід до формування пізнавальної активності школярів. Харків: ОВС, 2000. 175 с.
5. Поведа Т. П. Логіка проблемно-інтегративного уроку з фізики в сучасній школі // Наукові праці викладачів фізико-математичного факультету Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2018. С. 45-50.
6. Севаст'ян О. Ю. Розвиток пізнавальної активності учнів. Фізика в школах України. 2013. № 13-14. 2013. С. 19-21.

*In the article it is proved, that activation of educational-cognitive activity at physics lessons promotes interest to a subject and provides the best results of learning. Among the basic methods of activization of pupils' activity are novelty of materials, creation of problem situations at a lesson, studying of known to pupils under a new angle, using of information on history at physics lessons, connection of teaching with life, game forms of teaching and non-standard physics lessons.*

**Key words:** *activation of students' activity, physics lessons, games in the lessons, didactic games.*

УДК 517.5

**Сорич В.А.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент;  
**Сорич Н.М.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент

## СУМІСНЕ РІВНОМІРНЕ НАБЛИЖЕННЯ СУМАМИ ФУР'Є ЗГОРТОК ФУНКЦІЙ ІЗ ЗАДАНИМ МОДУЛЕМ НЕПЕРЕРВНОСТІ

Розглянуто задачу сумісного наближення лінійної комбінації функцій, що є згортками деяких ядер із функціями класу  $H^\omega$ , сумами Фур'є в рівномірній метриці. Для функціоналу, що характеризує цю задачу, знайдено асимптотичну поведінку при  $n \rightarrow \infty$ , де  $n$  – порядок суми Фур'є.

**Ключові слова:** сумісне наближення, модуль неперервності, асимптотична поведінка.

Нехай  $L$  – простір  $2\pi$  періодичних сумовних функцій  $\varphi(x)$ ,  
 $S[\varphi] = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos kx + b_k \sin kx = \sum_{k=0}^{\infty} A_k(\varphi; x)$  – ряд Фур'є функції  $\varphi(x)$ ;  
 $\psi_1(k), \psi_2(k)$  — пара довільних числових послідовностей.

Якщо тригонометричний ряд  $\sum_{k=1}^{\infty} \psi_1(k) A_k(\varphi, x) + \psi_2(k) \tilde{A}_k(\varphi, x)$ , де  
 $\tilde{A}_k(\varphi, x) = a_k \sin kx - b_k \cos kx$ , є рядом Фур'є деякої функції  $f \in L$ , то згідно [1] функцію  $f(x)$  називають  $\bar{\psi}$  – інтегралом функції  $\varphi(x)$ , а функцію  $\varphi(x)$  –  $\bar{\psi}$  – похідною функції  $f(x)$ . Нехай  $\omega(t)$  – довільний фіксований модуль неперервності. Через  $H_\omega$  позначають множину неперервних функцій з простору  $L$ , для яких  $\omega(f; t) = \sup_{|t_1 - t_2| \leq t} \|f(t_1) - f(t_2)\|_C \leq \omega(t)$ .

$C^{\bar{\psi}} H_\omega^0$  — множина  $\bar{\psi}$ -інтегралів функцій  $\varphi(x)$  із класу  $H_\omega$  і, крім того,  $\varphi \perp C$ .

Якщо послідовності  $\psi_1(k)$  та  $\psi_2(k)$  задовольняють наступні умови:

1) монотонно спадні до нуля; 2) опуклі донизу, тобто  $\Delta^2 \psi(k) = \psi(k) - 2\psi(k+1) + \psi(k+2) \geq 0$ ; 3) ряди  $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\psi_2(k)}{k}$  збіжні, то (див. [1]) елементи з класу  $C^{\bar{\psi}} H_\omega^0$  є функціями, що подаються у вигляді згортки функцій з  $H_\omega^0$  із ядром  $\mathcal{Y}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_1(k) \cos kt + \psi_2(k) \sin kt$ .

Нехай  $\Lambda = \|\lambda_k^{(n)}\|$  – довільна трикутна матриця чисел ( $n \in N, k = 0, 1, \dots, n-1$ ). Кожній функції  $f \in L$  поставимо у відповідність послідовність тригонометричних многочленів вигляду  $U_n(f; x; \Lambda) = \frac{a_0}{2} \lambda_0^{(n)} + \sum_{k=1}^{n-1} \lambda_k^{(n)} A_k(f; x)$ .



При кожному фіксованому  $n$  ця відповідність є лінійним оператором, тому говорять, що матриця  $\Lambda$  задає лінійний метод підсумовування рядів Фур'є. Задача Колмогорова-Нікольського для методу  $\Lambda$  на множині  $\mathfrak{M}$  в метриці  $X$  полягає у відшуканні асимптотичної поведінки при  $n \rightarrow \infty$  величини

$$\sup_{f \in \mathfrak{M}} \|f(x) - U_n(f; x; \Lambda)\|_X.$$

Вперше вона була розв'язана в 30-х роках минулого століття в [2], де було показано, що

$$\begin{aligned} \sup_{f \in W^r} \|f(x) - S_n(f; x)\|_C &= \frac{4}{\pi^2} \frac{\ln n}{n^r} + \mathcal{O}(1) \frac{1}{n^r}, \\ \sup_{f \in W^r H_\omega^0} \|f(x) - S_n(f; x)\|_C &= \frac{4}{\pi^2} \frac{\ln n}{n^r} + \mathcal{O}(1) \frac{1}{n^r}, \end{aligned}$$

$W^r$  – множина  $r$ -разів диференційованих функцій, причому  $\text{ess sup} |f^{(r)}(x)| \leq 1$ ,  $S_n(f; x)$  – суми Фур'є, величина  $\mathcal{O}(1)$  – обмежена.

Математики світу до кінця двадцятого століття на різних класах, для різних лінійних методів в метриках  $L$  та  $C$  розв'язували цю задачу. Найбільш загальний результат в цьому напрямку належить Степанцю О.І., який в [3] довів, що при  $n \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} \sup_{f \in C_\infty^{\bar{\psi}}} \|f(x) - S_n(f; x)\|_C &= \frac{4}{\pi} \bar{\psi}(n) \ln n + \mathcal{O}(1) \bar{\psi}(n), \\ \sup_{f \in C_\infty^{\bar{\psi}} H_\omega^0} \|f(x) - S_n(f; x)\|_C &= \bar{\psi}(n) \sup_{\varphi \in H_\omega^0} \|\varphi(x) - S_n(\varphi; x)\|_C + \mathcal{O}(1) \bar{\psi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right), \end{aligned}$$

де  $\bar{\psi}(n) = \sqrt{\psi_1^2(n) + \psi_2^2(n)}$ , а послідовності  $\psi_1(k)$  та  $\psi_2(k)$  задовольняють крім наведених умов ще деяким (див [3]).

Розглянемо класифікацію послідовності  $\phi(k)$ , що породжують класи  $C_\infty^{\bar{\psi}} H_\omega^0$ . Із множини функцій, які задовольняють умови 1) – 3) виділимо підмножину  $\mathfrak{M}_0$  та  $\mathfrak{M}_C$  з наступними властивостями. Нехай

$$\eta(t) = \varphi^{-1}\left(\frac{1}{2}\varphi(t)\right), \quad \mu(t) = \frac{t}{\eta(t) - t}.$$

Якщо функція  $\mu(t)$  при  $t \geq 1$  обмежена зверху і знизу додатними числами, то віднесемо  $\varphi(t)$  до  $\mathfrak{M}_C$ , якщо ж  $0 < \mu(t) \leq c$  при  $t \geq 1$ , то будемо вважати, що  $\varphi(t) \in \mathfrak{M}_0$ .

Якщо функція  $f(x) \in r$  разів ( $r \in N$ ) диференційованого, то для неї існують похідні  $f^{(s)}(x)$  всіх нижчих порядків  $s < r$ . В зв'язку з цим постало питання про відшукання аналогів “молодших” похідних для  $\bar{\psi}$  – інтегралів, що було зроблено в [4].

Нехай  $\bar{\psi} = (\psi_1, \psi_2), \bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2)$  – пари довільних послідовностей дійсних чисел:  $\psi_i = \psi_i(k), \varphi_i = \varphi_i(k), k \in N, i = \overline{1, 2}$ . Будемо казати, що пара  $\bar{\psi}$   $L$ -передуює парі  $\bar{\varphi}$ , якщо  $L^{\bar{\varphi}} \subseteq L^{\bar{\psi}}$  і писати  $\bar{\psi} \stackrel{L}{\leq} \bar{\varphi}$ . Показано, що при  $\bar{\psi}^2 = \psi_1^2 + \psi_2^2 \neq 0, \bar{\varphi}^2 = \varphi_1^2 + \varphi_2^2 \neq 0$  із  $L$ -передуювання  $\bar{\psi} \stackrel{L}{\leq} \bar{\varphi}$  випливає, що для

будь-якої функції  $f \in L^{\bar{\varphi}}$  існує  $f^{\bar{\psi}}$ , причому  $f^{\bar{\psi}}(x) \in L^{\bar{\eta}}$ , де пара  $\bar{\eta} = (\eta_1, \eta_2)$  задовольняє умовам  $\eta_1 = \frac{\Phi_1 \Psi_1 + \Phi_2 \Psi_2}{\bar{\Psi}}; \eta_2 = \frac{\Phi_2 \Psi_1 - \Phi_1 \Psi_2}{\bar{\Psi}}$ , крім того,  $S[(f^{\bar{\psi}})^{\bar{\eta}}] = S[f^{\bar{\varphi}}]$ .

Якщо тригонометричний ряд  $\sum_{k=1}^{\infty} (\eta_1(k) \cos kx - \eta_2(k) \sin kx)$ , де послідовності  $\eta_1(k), \eta_2(k)$  задовольняють попереднім рівностям, є рядом Фур'є деякої сумовної функції  $\mathcal{A}_h(x)$ , то  $\bar{\psi} \leq \bar{\varphi}$ .

Розглядаючи множину  $C^{\bar{\psi}} H_{\omega}^0$  і бажаючи досягти неперервності “молодших” похідних, введемо поняття  $CH_{\omega}$  – передування пар  $\bar{\psi}$  та  $\bar{\varphi}$ . Будемо писати  $\bar{\psi} \leq \bar{\varphi}$  (пара  $\bar{\psi} = (\psi_1, \psi_2)$   $CH_{\omega}$  – передує парі  $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2)$ ), якщо для функції  $f(x)$  із класу  $C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0$  її  $\bar{\psi}$  – похідна є неперервною.

Задачу одночасного наближення функцій із класу  $C^{\bar{\varphi}}$  їх  $\bar{\psi}$  – похідних сумами Фур'є було розв'язано в роботі [5], в якій для величини

$$\mathcal{E}_n(C^{\bar{\varphi}}) = \sup_{f \in C^{\bar{\varphi}}} \left\| \sum_{i=1}^m \bar{\psi}_i(n) |f^{\bar{\psi}_i}(x) - S_n(f^{\bar{\psi}_i}; x)| \right\|_C,$$

при умові, що пари  $\psi_i = (\psi'_i, \psi''_i)$   $L$  – передують парі  $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2)$ , одержано точну асимптотичну при  $n \rightarrow \infty$  рівність:

$$\mathcal{E}_n(C^{\bar{\varphi}}) = \frac{4}{\pi^2} M \ln n + O(1) \bar{\varphi}(n), \tag{4}$$

$$\text{де } M = \max_{|\alpha_i|=1} \sqrt{m \bar{\varphi}(n) + \sum_{1 \leq i \neq j \leq m} \bar{\psi}_i(n) \bar{\psi}_j(n) \eta'_i(n) \eta''_j(n)},$$

$$\eta'_i = \frac{\Phi_1 \Psi'_i + \Phi_2 \Psi''_i}{\bar{\Psi}_i}; \eta''_i = \frac{\Phi_2 \Psi'_i - \Phi_1 \Psi''_i}{\bar{\Psi}_i}. \tag{5}$$

Дана робота присвячена задачі одночасного наближення функцій та їх  $\bar{\psi}_i$  – похідних сумами Фур'є на класі  $C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0$ . Дослідимо асимптотичну при  $n \rightarrow \infty$  поведінку величини

$$\mathcal{E}_{n,m}(C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0) = \sup_{f \in C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0} \left\| \sum_{i=1}^m \bar{\psi}_i(n) |f^{\bar{\psi}_i}(x) - S_n(f^{\bar{\psi}_i}; x)| \right\|_C. \tag{6}$$

Доведемо справедливність наступного твердження.

**Теорема.** Якщо пари  $\psi_i = (\psi'_i, \psi''_i)$   $CH_{\omega}$  – передують парі  $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2)$ , причому  $\eta'_i \in \mathfrak{M}_0, \eta''_i \in \mathfrak{M}_C, i = \overline{1, m}$ , то для величини  $\mathcal{E}_{n,m}(C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0)$  виконується асимптотична рівність

$$\mathcal{E}_{n,m}(C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0) = \frac{2\theta_{\omega}}{\pi^2} M \ln n \int_0^{\frac{\pi}{2}} \omega\left(\frac{2t}{n}\right) \sin t dt + O(1) \bar{\psi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right), n \rightarrow \infty, \tag{7}$$

$$\text{де } M = \max_{|\alpha_i|=1} \sqrt{m \bar{\varphi}(n) + \sum_{1 \leq i \neq j \leq m} \bar{\psi}_i(n) \bar{\psi}_j(n) \eta'_i(n) \eta''_j(n)}, \quad \theta_{\omega} \in \left[ \frac{2}{3}; 1 \right], \theta_{\omega} = 1 \quad \text{для}$$

опуклого вгору модуля неперервності,  $O(1)$  – величина, рівномірно обмежена

по  $n$ , послідовності  $\eta'_i$  та  $\eta''_i$  вибрані згідно (5).

**Доведення.** В [3] для функції  $f(x) \in C^{\bar{\psi}}H^0_\omega$ , якщо  $\psi_1 \in \mathfrak{M}_0, \psi_2 \in \mathfrak{M}_C$  було встановлено наступну рівність:

$$\begin{aligned} \rho_n(f; x) &= f(x) - S_n(f; x) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x, t) I_1(\psi_1, n, t) dt + \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x, t) I_2(\psi_2, n, t) dt + O(1) \bar{\psi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right), \end{aligned} \quad (8)$$

де  $\Delta(x, t) = f^{\bar{\psi}}(x-t) - f^{\bar{\psi}}(x)$ ;

$$I_1(\psi_1, n, t) = \frac{1}{\pi_n} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_1(v) \cos vtdv \quad (9)$$

$$I_2(\psi_2, n, t) = \frac{1}{\pi_n} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_2(v) \sin vtdv. \quad (10)$$

Оскільки  $\left\| \sum_{i=1}^m |h_i(x)| \right\|_C = \max_{|\alpha_i|=1} \left\| \sum_{i=1}^m \alpha_i h_i(x) \right\|_C$ , то

$$\left\| \sum_{i=1}^m \bar{\psi}_i(n) |f^{\bar{\psi}_i}(x) - S_n(f^{\bar{\psi}_i}, x)| \right\|_C = \max_{|\alpha_i|=1} \left\| \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) (f^{\bar{\psi}_i}(x) - S_n(f^{\bar{\psi}_i}, x)) \right\|_C. \quad (11)$$

Візьмемо довільну функцію  $f(x) \in C^{\bar{\phi}}H^0_\omega$ , тоді  $f^{\bar{\psi}_i}(x) \in C^{\bar{\eta}_i}H^0_\omega$  і згідно рівності (8) будемо мати  $\sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \rho_n(f^{\bar{\psi}_i}; x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) I_1(\eta'_i, n, t) dt +$   
 $+ \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) I_2(\eta''_i, n, t) dt + \sum_{i=1}^m \bar{\psi}_i(n) \bar{\eta}_i(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right) O(1)$ ,

де  $\Delta(x, t) = f^{\bar{\phi}}(x-t) - f^{\bar{\phi}}(x)$ .

В роботі [5] доведемо, що  $\bar{\psi}_i(n) \cdot \bar{\eta}_i(n) = \bar{\phi}_i(n)$ , тому

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \rho_n(f^{\bar{\psi}_i}; x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) (I_1(\eta'_i, n, t) + I_2(\eta''_i, n, t)) dt + O(1) \bar{\phi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right),$$

якщо  $f \in C^{\bar{\phi}}H^0_\omega, \alpha_i \in R, i = \overline{1, m}$ .

Отже,

$$\left\| \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \rho_n(f^{\bar{\psi}_i}; x) \right\|_C = \left\| \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) (I_1(\eta'_i, n, t) + I_2(\eta''_i, n, t)) dt \right\|_C + O(1) \bar{\phi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right). \quad (12)$$

Позначимо через  $a$  довільне додатне скінченне число, якому потім надамо деяких обмежень, і нехай

$$R_i^{(1)}(n; x) = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) I_1(\eta'_i, n, t) dt; \quad (13)$$

$$R_i^{(2)}(n; x) = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta(x; t) I_2(\eta''_i, n, t) dt. \quad (14)$$

Як слідує із леми 4 §2 роботи [3]

$$R_i^{(1)}(n; x) = -\frac{\eta'_i(n)}{\pi} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\sin nt}{t} dt + O(1) \eta'_i(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right); \quad (15)$$

та леми 5 звідти ж

$$R_i^{(2)}(n; x) = \frac{\eta_i''(n)}{\pi} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\cos nt}{t} dt + \int_{|t| \leq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) I_2(\eta_i''; n; t) dt + O(1) \eta_i''(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right). \quad (16)$$

Тому згідно (12)-(16) будемо мати

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \rho_n(f^{\bar{\psi}_i}; x) &= - \sum_{i=1}^m \frac{\alpha_i \bar{\psi}_i(n) \eta_i'(n)}{\pi} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\sin nt}{t} dt + \\ &+ \sum_{i=1}^m \frac{\alpha_i \bar{\psi}_i(n) \eta_i''(n)}{\pi} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\cos nt}{t} dt + \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \int_{|t| \leq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) I_2(\eta_i''; n; t) dt + \\ &+ O\left(\sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) [\eta_i'(n) + \eta_i''(n)]\right) \omega\left(\frac{1}{n}\right) \end{aligned} \quad (17)$$

Оскільки  $\eta_i'(n) = O(\bar{\eta}_i(n))$ ,  $\eta_i''(n) = O(\bar{\eta}_i(n))$  та  $\bar{\psi}_i(n) \cdot \bar{\eta}_i(n) = 1$ , то

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) (\eta_i'(n) + \eta_i''(n)) = O(1) \bar{\varphi}(n). \quad (18)$$

Якщо  $f^{\bar{\psi}}(x) \in H_{\omega}^0$ , то  $|\Delta(x, t)| = |f^{\bar{\psi}}(x-t) - f^{\bar{\psi}}(x)| \leq \omega(|t|)$ , а при  $|t| \leq \frac{a}{n}$

будемо мати, що  $|\Delta(x, t)| \leq \omega\left(\frac{a}{n}\right) = O(1) \omega\left(\frac{1}{n}\right)$ , тому для другого доданку в (17) отримаємо

$$\left| \int_{|t| \leq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) I_2(\eta_i'', n, t) dt \right| \leq 2 \int_0^{\frac{a}{n}} \omega\left(\frac{a}{n}\right) |I_2(\eta_i'', n, t)| dt. \quad (19)$$

В роботі [3] показано, що при  $\eta_i'' \in \mathfrak{M}_{\mathbb{C}}$  можна вказати таке додатне число  $a$ , що

$$\int_0^{\frac{a}{n}} |I_2(\eta_i'', n, t)| dt = \frac{1}{\pi_n} \int_n^{\infty} \frac{\eta_i''(t)}{t} dt + O(1) \eta_i''(n). \quad (20)$$

Нехай це число настільки мале, що співвідношення (20) виконується для всіх  $i = \overline{1, m}$ . Крім того, для послідовностей  $\eta_i''$  з  $\mathfrak{M}_{\mathbb{C}}$ , справедлива оцінка  $\int_n^{\infty} \frac{\eta_i''(t)}{t} dt = O(1) \eta_i''(n)$ , тоді з (19)-(20) слідує, що існує число  $a > 0$  таке, що

$$\int_{|t| \leq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) I_2(\eta_i'', n, t) dt = O(1) \omega\left(\frac{1}{n}\right) \eta_i''(n) = O(1) \omega\left(\frac{1}{n}\right) \bar{\eta}_i(n), \quad i = \overline{1, m}. \quad (21)$$

Якщо ввести наступні позначення  $A_n = \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \eta_i'(n)$ ;  $B_n = \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \eta_i''(n)$ , то з (17) в силу (18) і (21) випливає така асимптотична рівність:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \alpha_i \bar{\psi}_i(n) \rho_n(f^{\bar{\psi}_i}; x) &= \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{B_n \cos nt - A_n \sin nt}{t} dt + O(1) \bar{\varphi}_i(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right) = \\ &= -\sqrt{A_n^2 + B_n^2} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\sin(nt - \beta_n)}{t} dt + O(1) \bar{\varphi}_i(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right), n \rightarrow \infty, \end{aligned} \quad (22)$$

де  $\beta_n = \arctg \frac{B_n}{A_n}$

Тоді для величини  $\mathcal{E}_{n,m}(C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0)$  згідно (6), (11), (22) будемо мати наступну оцінку:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{n,m}(C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}^0) &= \\ &= \max_{|\alpha_i|=1} \sup_{f \in C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}} \left\| \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \frac{1}{\pi} \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\sin(nt - \beta_n)}{t} dt \right\|_C + O(1) \bar{\varphi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right) = \\ &= \max_{|\alpha_i|=1} \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \sup_{f \in C^{\bar{\varphi}} H_{\omega}} \left\| \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} \Delta(x; t) \frac{\sin(nt - \beta_n)}{t} dt \right\|_C + O(1) \bar{\varphi}(n) \omega\left(\frac{1}{n}\right) \end{aligned} \quad (23)$$

Як слідує з роботи [3] (§3)

$$\begin{aligned} \sup_{\varphi \in H_{\omega}^0} \left\| \int_{|t| \geq \frac{a}{n}} (\varphi(x-t) - \varphi(x)) \frac{\sin(nt - \gamma)}{t} dt \right\|_C &= \\ = \sup_{\varphi \in H_{\omega}^0} \left\| \int_{\frac{a}{n} \leq t \leq \frac{\pi}{2}} (\varphi(x-t) - \varphi(x)) \frac{\sin(nt - \gamma)}{t} dt \right\|_C + O(1) \omega\left(\frac{1}{n}\right) &= \\ = \frac{2}{\pi} \theta_{\omega} \ln n \int_0^{\frac{\pi}{2}} \omega\left(\frac{2t}{n}\right) \sin t dt + O(1) \omega\left(\frac{1}{n}\right), \end{aligned} \quad (24)$$

де  $\theta_{\omega} \in \left[\frac{2}{3}; 1\right]$ , причому  $\theta_{\omega} = 1$ , якщо  $\omega(t)$  опуклий вгору модуль неперервності.

В [5] було показано, що

$$\max_{|\alpha_i|=1} \sqrt{A_n^2 + B_n^2} = \max_{|\alpha_i|=1} \sqrt{m\varphi^2(n) + \sum_{1 \leq i \neq j \leq m} \bar{\psi}_i(n) \bar{\psi}_j(n) \eta_i'(n) \eta_j''(n)} = M. \quad (25)$$

Об'єднаємо співвідношення (23)-(25) і отримаємо асимптотичну рівність (7). Теорема доведена.

Відомо, що на класах  $C^{\bar{\psi}} H^{\omega}$  та  $L^{\bar{\psi}} H_L^{\omega}$  асимптотична поведінка точної верхньої грані відхилень функцій від своїх сум Фур'є в рівномірній та інтегральній метриках аналогічні, то можна довести, що асимптотична рівність (7) справедлива і для задачі сумісного наближення на класах  $L^{\bar{\psi}} H_L^{\omega}$  для сум Фур'є.

**Список використаних джерел:**

1. Степанец А.И. Методы теории приближений. Праці Інституту математики НАН України, Т.40. — К., 2002. — С.426.
2. Kolmogoroff A. Zur Grössenordnung des Restgliedes Fouriershen Reigen differenzierbaren Funktionen — Ann. Math, 1935, (2), 36, №2, P.521-528.
3. Степанец А.И. Приближение  $\bar{\psi}$ -интегралов периодических функций суммами Фурье (небольшая гладкость). — К., 1997. — С.48. — (Препр./АН України. Ин-т математики; 97.3).
4. Сорич В.А., Сорич Н.М., Сорич А.В. Умови L-передування  $\bar{\psi}$ -похідних // Наукові праці Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Збірник за підсумками звітньої наукової конференції викладачів і аспірантів, присвяченої 85-й річниці Української національно-демократичної революції, 15-16 квітня 2002 року. В 2-х томах. — Т.2. — Кам'янець-Подільський. Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет: інформаційно-видавничий відділ, 2002. — С.6-9.
5. Сорич В.А., Сорич Н.М., Сорич А.В. Сумісне наближення класів  $\bar{\psi}$ -інтегралів // Наукові праці Кам'янець-Подільського державного університету: Збірник за підсумками звітньої наукової конференції викладачів і аспірантів. Випуск 2. В 2-х томах. — Т. 2 — Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет: інформаційно-видавничий відділ, 2003. — С.15-18.

*The problem of simultaneous approximation of a linear combination, which are convolutions of some kernels with the functions from classes  $H^\omega$  by Fourier sums in a uniform metric, is considered. For the functional, that characterizes this problem, an asymptotic behavior if  $n \rightarrow \infty$ , where  $n$  - Fourier sum order, is found.*

**Key words:** the simultaneous approximation, a continuity module, an asymptotic behavior.

УДК 378.016

**Чорна О.Г.**, кандидат педагогічних наук;  
**Рачковський О.М.**, старший викладач кафедри фізики

## **ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ДО ЗДІЙСНЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ**

*У статті розглянуто особливості вивчення питань безпеки життєдіяльності в курсі «Основи медичних знань і безпека життєдіяльності» майбутніми вчителями. Проаналізовано змістове наповнення модуля «Безпека життєдіяльності», яке має соціально-технічне спрямування та вивчає небезпеки, закономірності їх прояву та дії, що загрожують людині в системі «Людина – природа – техносфера – суспільство», а також методи, засоби та правила запобігання й захисту від них, збереження здоров'я та працездатності людини у процесі життєдіяльності.*

**Ключові слова:** безпека, життя, здоров'я, компетентність, навчальна дисципліна, змістовий модуль.

Програма вивчення навчальної дисципліни «Основи медичних знань і безпека життєдіяльності» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 014 Середня освіта. Дисципліна відноситься до циклу дисциплін професійної підготовки студента.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є захворювання внутрішніх органів і загрозливі для життя стани та перша медична допомога при них, загальні закономірності виникнення небезпек, їх властивості, наслідки впливу їх на організм людини, основи захисту здоров'я та життя людини і середовища її проживання від небезпек, а також розробку і реалізацію відповідних засобів та заходів щодо створення і підтримки здорових та безпечних умов життя і діяльності людини [1, 2].

Доцільність вивчення зазначеної дисципліни пов'язана з невинним підвищенням негативного впливу господарської діяльності на середовище, яке оточує людину, не лише природне, а й виробниче та побутове [3].

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування особистості вчителя, який набув знань та умінь з основ медичних знань, що необхідні для забезпечення збереження здоров'я і життя здобувачів освіти та відповідального ставлення до питань особистої безпеки й безпеки тих, хто їх оточує.

Завдання навчальної дисципліни є забезпечення отримання здобувачами вищої освіти необхідного мінімуму знань про причини, ознаки, перебіг хвороб і невідкладних станів та способи надання долікарської медичної допомоги; вміння розпізнавати й оцінювати потенційні небезпеки, визначати шлях надійного захисту від них, а також оперативно реагувати на прояви небезпек у різноманітних сферах людської діяльності; формування у здобувачів вищої освіти вміння використовувати теоретичні знання на практиці [1].

Вивчення дисципліни ґрунтується на партнерській співпраці викладача і студента, особистісно-орієнтованому підході до освіти, принципі систематичності та послідовності в освіті. Дисципліну поділяємо на два модулі: модуль 1 «Основи медичних знань» і модуль 2 «Безпека життєдіяльності».

Знання, уміння, навички, способи мислення, погляди, цінності, інші особисті якості, набуті у процесі навчання, виховання та розвитку, які можна ідентифікувати, спланувати, оцінити і виміряти та які особа здатна продемонструвати після засвоєння даного освітнього компоненту:

Здатність забезпечувати охорону життя і здоров'я учнів у навчально-виховному процесі та позаурочній діяльності; здатність формувати в учнів культуру здорового та безпечного життя;

Проводити профілактичні заходи, спрямовані на збереження та зміцнення власного здоров'я та здоров'я учнів; забезпечувати дотримання учнями вимог безпеки життєдіяльності, санітарії та гігієни [4].

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми у результаті вивчення змістового модуля «Безпека життєдіяльності» студенти повинні:

знати: основні небезпечні та шкідливі фактори навколишнього середовища; методи оцінки та прогнозування небезпек; правові основи безпеки життєдіяльності та охорони праці в Україні; способи та засоби захисту людини від небезпек природного, техногенного характеру; особливості безпеки

життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях; стратегію і тактику безпечної життєдіяльності;

вміти: визначити небезпечні та шкідливі фактори виробничого, побутового та виробничого середовищ та знайти шляхи уникнення їхньої дії на організм людини; оцінити середовище перебування щодо особистої безпеки, безпеки колективу, суспільства; за різними ознаками (фізичними, хімічними, зовнішніми та ін.); розпізнавати явну та потенційну небезпеку та по можливості попереджувати вплив негативних наслідків різного характеру на свою життєдіяльність та навколишніх людей; забезпечувати свою соціальну безпеку та реагувати на прояви небезпек у різноманітних сферах людської діяльності; грамотно опиратися на державні та міжнародні структури для забезпечення безпеки особистості та суспільства.

Під час вивчення змістового модуля 2 бачимо за доцільне таку послідовність засвоєння тем:

Тема 1. Правові та організаційні основи безпеки життєдіяльності. Безпека людини та суспільства. Основні терміни та визначення в курсі безпеки життєдіяльності. Методологічні основи безпеки життєдіяльності. Системний підхід у безпеці життєдіяльності. Види небезпек. Класифікація НС. Класифікація шкідливих та небезпечних чинників, що супроводжують освітній процес, трудову діяльність та діяльність у побуті.

Конституційні засади безпеки життєдіяльності в Україні. Законодавчі основи безпеки життєдіяльності, пожежної безпеки та охорони праці, інші нормативно-правові акти.

Тема 2. Безпека людини у життєвому середовищі. Природні загрози та характер їхніх проявів і дії.

Характеристика природних небезпечних процесів і явищ. Вражаючі фактори, що ними формуються, характер їхніх проявів та дії на людей та навколишнє середовище. Біологічні небезпеки. Вражаючі фактори біологічної дії. Правила поведінки у разі виникнення природних небезпек.

Тема 3. Техногенні небезпеки, їх вражаючі фактори за генезисом і механізмом впливу.

Техногенні небезпеки та їх вражаючі фактори за генезисом і механізмом впливу. Класифікація, номенклатура і одиниці виміру вражаючих факторів фізичної та хімічної дії джерел техногенних небезпек.

Джерела, особливості і класифікація електромагнітних полів. Характеристики та нормування електромагнітних випромінювань. Прилади та методи контролю. Захист від електромагнітних випромінювань і полів.

Джерела радіації їх класифікація та одиниці вимірювання. Механізм дії іонізуючих випромінювань організму. Методи та засоби захисту від іонізуючого випромінювання. Захист приміщень від проникнення радіоактивних речовин.

Класифікація небезпечних хімічних речовин. Особливості забруднення місцевості, води, продовольства у разі виникнення аварій з викидом небезпечних хімічних речовин. Захист у разі виникнення хімічної небезпеки.

Тема 4. Пожежна безпека та протипожежна профілактика.



Основні засоби і заходи забезпечення пожежної безпеки в побуті та на виробництві. Пожежна сигналізація. Засоби пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння. Дії у разі виникнення пожежі. Забезпечення та контроль стану пожежної безпеки в установах, закладах освіти. Вивчення питань пожежної безпеки здобувачами освіти та працівниками.

Тема 5. Соціальні та соціально-політичні небезпеки, особливості дій людини у разі їх проявів.

Соціальні, соціально-політичні небезпеки. Тероризм. Захист від терористичних дій. Вплив інформаційного чинника на здоров'я людини та безпеку суспільства. Зростання злочинності як фактор небезпеки. Фактори, що підвищують імовірність наразитись на небезпеку. Психологічна надійність людини та її роль у забезпеченні безпеки. Захисні властивості людського організму.

Тема 6. Організація забезпечення безпеки життєдіяльності та охорони праці в установі, організації.

Принципи організації та види навчання з питань безпеки життєдіяльності, охорони праці. Інструктажі з питань охорони праці. Види інструктажів. Інструктажі з безпеки життєдіяльності, питань охорони праці для здобувачів освіти. Навчання з питань охорони праці посадових осіб. Мета та завдання профілактики нещасних випадків. Основні причини виробничих травм. Основні заходи по запобіганню травматизму та професійним захворюванням [4].

Отже, змістовий модуль «Безпека життєдіяльності» має наповнення соціально-технічного спрямування, що вивчає небезпеки, закономірності їх прояву та дії, що загрожують людині в системі «Людина – природа – техносфера – суспільство», а також методи, засоби та правила запобігання й захисту від них, збереження здоров'я та працездатності людини у процесі життєдіяльності.

Визначаємо основні напрями соціально-екологічної безпеки в системі «Людина – природа – техносфера – суспільство» та основні небезпеки і ризики в елементах системи, що представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

### Основні напрями соціально-екологічної безпеки

Елементи системи	Напрямок безпеки	Основні небезпеки та ризики
«Людина-суспільство»	Соціально-політичний	Тероризм, військові конфлікти, організована злочинність, корупція тощо.
	Соціально-культурологічний	Соціальні конфлікти, шахрайство, зомбування, криміналізація суспільства, алкоголізм, наркоманія, зниження тривалості життя тощо
«Людина-природа»	Екологічний	Природні та техногенні надзвичайні ситуації, біологічні небезпеки,

		забруднення навколишнього середовища в результаті діяльності людини тощо
«Людина-техносфера»	Екологічно-технічний	Забруднення навколишнього середовища радіоактивними, електромагнітними випромінювання, хімічними речовинами тощо. Порухення норм здійснення виробничої діяльності, несприятливі умови праці тощо

Узагальнюючи знання з основ безпеки життєдіяльності, охорони праці, цивільного захисту, безпека життєдіяльності [3] відкриває нові аспекти використання основних положень цих курсів у фаховій підготовці здобувачів вищої освіти, підготовки майбутнього вчителя до здійснення безпечної діяльності у закладах освіти.

#### Список використани джерел:

1. Безпека життєдіяльності (теоретичні основи) : Навч. посібник / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, О.Г. Чорна. – К.: Центр учбової літератури, 2011. 276 с.
2. Безпека життєдіяльності та цивільний захист і методика їх навчання : Навч. посібник / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, Р.М. Білик, О.Г. Чорна, У.І. Недільська. Кам'янець-Подільський: ТОВ : «Друк-Сервіс», 2013. 244 с.
3. Мендерецький В. В. Значення навчання з безпеки життєдіяльності в освітній системі України / В. В. Мендерецький, У. І. Недільська, О. Г. Чорна // 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, 2012. Випуск 18: 254 с. С.215-217.
4. Чорна О.Г. Організація інформаційно-просвітницької роботи в закладах освіти з формування здорового способу життя та профілактики дитячого травматизму /О.Г. Чорна // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: С.В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін.]. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2021. Випуск 27. С. 84-86.

*The article considers the peculiarities of studying the issues of life safety in the course "Fundamentals of Medical Knowledge and Life Safety" by future teachers. The content of the module "Life Safety", which has a socio-technical focus and studies the dangers, patterns of their manifestation and actions that threaten man in the system "Human - Nature - Technosphere -*

*Society", as well as methods, tools and rules of prevention and protection from them, preservation of health and working capacity of the person in the course of vital activity.*

**Key words:** *safety, life, health, competence, academic discipline, content module.*

**ВІСНИК  
КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
імені Івана Огієнка  
Фізико-математичні науки  
Випуск 14**

Здано в набір 29.12.2020. Підписано до друку 30.12.2021.  
Формат 60x84/16. Гарнітура Times. Умов. друк. арк. 6,4  
Обл. вид. арк. 6,5. Папір офсетний. Тираж 100 прим.

32301, Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський,  
вул. Огієнка, 61; тел. (03849) 3-06-01  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
Серія КВ № 14707-3678 ПР від 12.12.2008 р.