

**О. О. Гриб'юк**кандидат педагогічних наук, доцент, старший дослідник,  
провідний науковий співробітник

Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України

## ПЕДАГОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ВАРІАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНИХ МЕТОДИЧНИХ СИСТЕМ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У дослідженні ґрунтовно представлено можливості педагогічного проектування з педагогічно виваженим використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу, в тому числі з використанням технологій штучного інтелекту. Для організації дослідницької діяльності учнів пропонуються авторські моделі з використанням сервісів ШІ. Розроблені варіативні дидактичні конструкти в дослідницькому навчанні представлено системою логічно взаємопов'язаних варіативних дослідницьких завдань, із використанням яких у сукупності з варіативними моделями, вказівками та необхідним мінімумом навчальних відомостей, з'являється можливість без зовнішньої допомоги, відкривати нові знання про об'єкти дослідження, знаходити закономірності та формувати гіпотези, відповідні способи або засоби дослідницького навчання. Серед запропонованої у дослідженні типології уроків виокремлено найбільш доцільні в контексті педагогічно виваженого та методично вмотивованого використання компонентів КОМСДН. Із використанням систем динамічної математики забезпечується необхідна інтерактивність роботи з рисунком і можливість його дослідження в динаміці. Пропонується класифікація компонентів КОМСДН, які можуть педагогічно виважено та методично вмотивовано використовуватися у процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу для розвитку творчого потенціалу учнів і підвищення фахової майстерності педагогів. Отримані в процесі експериментального дослідження дані використовувалися для здійснення аналізу найбільш доцільних в процесі дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу варіативних моделей КОМСДН. Пропонуються критерії до використання компонентів КОМСДН, у тому числі з використанням технологій штучного інтелекту, із метою добору програмних засобів, на які доцільно орієнтуватися в процесі дослідницького навчання учнів. Ефективне використання запропонованої системи залежить від уміння вчителя здійснювати проектування моделі навчання із дотриманням розроблених у рамках експериментального дослідження умов. Результати дослідження свідчать про можливе та доцільне використання варіативних моделей КОМСДН у поєднанні з традиційними методами навчання без переважання учнів.

**Ключові слова:** дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерно орієнтована методична система дослідницького навчання, математичне моделювання, штучний інтелект, КОМСДН.

**Постановка проблеми.** У питаннях інформатизації навчально-виховного процесу спостерігається стійка тенденція переходу від використання педагогічних програмних засобів (ППЗ) з окремих розділів курсу до створення і практичного впровадження програмно-методичних комплексів, використання яких сприяє забезпеченню повного курсу навчальної дисципліни, які успішно використовуються в школах і університетах України та за її межами.

Комп'ютерно орієнтовані методичні системи дослідницького навчання (КОМСДН) учнів представлені у вигляді матеріально-технічного та науково методичного забезпечення, в якому знаходяться логічно і логістично пов'язані об'єкти і сервіси. Формування КОМСДН закладів освіти спрямовано на поліпшення якості освіти в умовах

розвитку інформаційного суспільства [1]. Досягти цієї мети можна за умови оволодіння педагогами КОМСДН на високому рівні, підготовки учнів до використання технологій змішаної реальності у вирішенні життєвих практичних завдань, забезпечення доступу до якісної освіти через впровадження дослідницького навчання [2].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблеми педагогічного конструювання та проектування розглядалися А. О. Вербицьким, А. П. Тряпичиною. Окремі аспекти проблеми варіативності в освіті та професійно-педагогічній підготовці досліджувалися Б. С. Гершунським. Дотепер проблема педагогічного проектування з використанням варіативних моделей представлена в педагогічних науках фрагментарно, не проведені ґрунтовні

дослідження для створення цілісного наукового розуміння щодо комп'ютерно орієнтованого проектування навчального середовища та побудови варіативних моделей в процесі навчання природничо-математичних дисциплін в закладах освіти. Проблема дослідження характеристик, необхідних і достатніх для організації дослідницького навчання в школі (О. В. Запорожець, В. В. Давидов, В. В. Рубцов, Г. А. Цукерман), із використанням технологій штучного інтелекту (ШІ) та врахування психолого-педагогічних особливостей учнів в процесі проектування комп'ютерно орієнтованої методичної системи дослідницького навчання, залишається актуальною в сучасних реаліях. Визначення взаємозв'язків теоретичних основ та можливостей становлення навчальної практики у відповідності до цілей розвитку і стало одним із завдань дослідження.

**Мета статті** полягає в розробленні, обґрунтуванні та експериментальній перевірці варіативних моделей використання комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання (КОМСДН) предметів природничо-математичного циклу, в т.ч. технологій штучного інтелекту [3].

**Виклад основного матеріалу.** Актуальним методологічним підходом до розроблення методики навчання доведенню виступає єдність логічного та дослідницького підходів [4]. Навчати доводити – навчати аналізу доведення, його відтворення, самостійного відкриття фактів, пошуку і конструювання доведення, а також заперечення запропонованих доведень. Формування пропонуваної концепції передбачає педагогічно виважене використання дослідницьких задач, причому одним з елементів організації такого процесу є залучення дослідницько-дидактичних конструкцій у вигляді розроблених навчальних і корекційних комп'ютерних програм [5]. Наприклад, у формулюванні кожної теореми міститься *умова* і *наслідок*. Для виокремлення умови та наслідку теорему необхідно формулювати у вигляді умовного речення, чітко усвідомлюючи, «*що дано*», «*що потрібно довести*».

Математична творчість полягає в дослідницькому вмінні бачити разом з теоремою певну кількість усеможливих наслідків з неї, її зв'язків з раніше вивченими теоремами. Найбільш відомими у практиці навчання шкільній математиці є *пряма* і *зворотна* теореми, хоча, виходячи з логіки інтересів розвитку мислення, доцільно звернути увагу і на *протилежне, протилежне зворотному* твердження. Причина такого обмеження полягає у логічній природі усіх теорем: зворотна протилежній теорема рівнозначна прямій теоремі, а протилежна – зворотній.

Шкільна практика підтверджує, що деяким учням важко усвідомити певні розумові дії (*абстрагування, узагальнення, виокремлення*

*загального істотного і відкидання неістотного під час доведення*) на етапі навчання доведенню теорем. Безперечно, важливим етапом під час вивчення учнями доведення теорем є аналіз своєї діяльності в процесі пошуку доведення. Рекомендується *скласти план пошуку (дослідження), зробити висновки, перевірити необхідність кожної умови, побудувати контр-приклад* тощо.

З метою опрацювання процесу доведення теореми можливе використання програми «*задача-метод*» із системи дослідницько-дидактичних конструкцій як засобу для усвідомлення та ґрунтовнішого розуміння безпосередньо процесу доведення теореми.

Під час дослідницького навчання математики виокремлюються вміння аналізувати різні підходи до доведення конкретної теореми, вміння знаходити між ними правильні відповіді, в тому числі в неправильних доведеннях знаходити помилки, розглянути інші способи доведення [6]. У дослідницькому навчанні математики навчальна та розвивальна функції задач відтворюються з використанням системи дослідницьких задач. У процесі дослідницького навчання математики дослідницькі задачі виступають і метою, і засобом навчання. До змісту навчання предметів природничо-математичного циклу включено систему дослідницько орієнтованих задач, метою якої є сприяння процесу управління формування дослідницької діяльності учнів.

Розглядаючи методичну систему дослідницького навчання математики як комп'ютерно орієнтовану систему навчання математики, доцільно зупинитися також на системі методів навчання. Безперечно, система традиційних методів навчання доповнюється дослідницькими та спеціальними методами. *Дослідницькі методи*, що входять до комп'ютерно орієнтованої системи навчання математики [7]: *метод гіпотез; метод конструювання понять; метод проб і помилок; метод прогнозування; метод синектики; метод дослідження; метод запитань; методи символного і образного бачення; метод фактів; мозковий штурм тощо*. Крім традиційних, використовуються також різноманітні форми навчання (розрахункові графічні роботи, творчі тижні, учнівські дослідження, індивідуальні, групові, фронтальні форми тощо).

У поєднанні з традиційними формами організації контролю та корекції результатів навчання, пропонується різнорівневий контроль знань учнів з метою виявлення рівнів досягнення сформованості прийомів дослідницької діяльності та методична підтримка корекції результатів навчання з використанням окремих дослідницько-дидактичних конструкцій комп'ютерно орієнтованої системи [3].

Методична система дослідницького навчання математики є комп'ютерно орієнтованою системою, використання якої сприяє формуванню прийомів дослідницької діяльності в процесі навчання математики. Успішне використання запропонованої системи залежить від *уміння вчителя здійснювати проектування моделі навчання із дотриманням необхідних умов*: рівня математичної культури вчителя математики; вільного володіння теоретичними та практичними основами процесу формування прийомів дослідницької діяльності учнів, практичними основами проектування комп'ютерно орієнтованого навчання математики, вміння організувати та управляти дослідницькою діяльністю школярів; уміння мотивувати учня та зацікавити його дослідницькою діяльністю; уміння надавати своєчасну індивідуальну допомогу учням; уміння долучати школярів до творчої діяльності, пов'язаної з розширенням можливостей виконання дослідницької діяльності, в тому числі з використанням системи дослідницьких і творчих задач та різноманітних комп'ютерно орієнтованих засобів навчання; допомагати учням самостійно здійснювати рефлексію, визначати та усвідомлювати отримані особисто результати дослідницької діяльності.

*Варіативні дидактичні конструкти в дослідницькому навчанні* – це система логічно взаємо-

пов'язаних навчальних проблем (варіативних дослідницьких завдань або навчальних комп'ютерних програм), з використанням яких у сукупності з дослідницькими запитаннями, вказівками та необхідним мінімумом навчальних відомостей в учнів з'являється можливість, в тому числі без зовнішньої допомоги, відкривати нові знання про об'єкти дослідження (знаходити закономірності та формувати гіпотези), відповідні способи або засоби дослідницької діяльності (див. Рис. 1).

Нижче наведено використання варіативних моделей КОМСДН [3], у тому числі технологій ШІ:

- *заміна діяльності вчителя повною мірою* – із застосуванням комп'ютера можливо внести принципи до змісту навчання, будуючи індивідуальну траєкторію навчання учнів. Наприклад, доцільні зміни в процесі побудови змісту навчального предмету в комп'ютерних програмах з геометрії, української, російської, англійської, німецької і ін. мови, предметів художнього циклу, предметів професійного профілю тощо;

- *часткове доповнення діяльності вчителя* комп'ютерними навчальними програмами полягає у використанні вчителем ґрунтового плану вивчення навчального матеріалу з частковим використанням окремого програмного забезпечення під час навчально-виховного процесу. Вчитель залишається центральною фігурою навчального

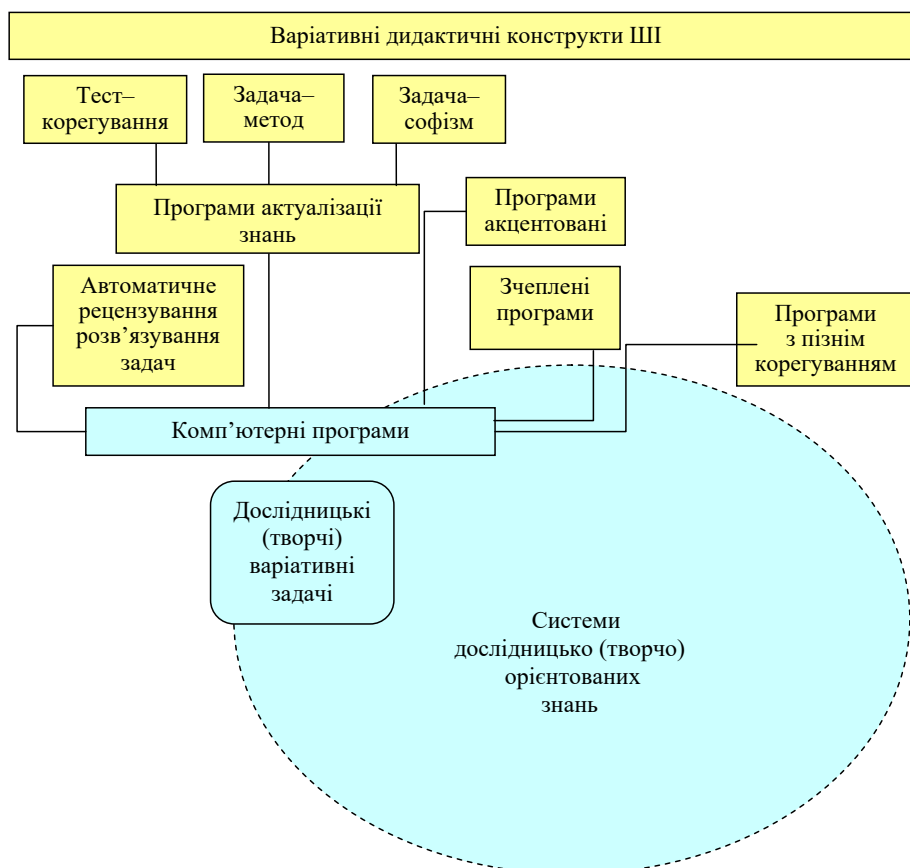


Рис. 1. Варіативні дидактичні конструкти ШІ

процесу і педагогічно виважено впливає на учнів, добираючи навчальні задачі, здійснюючи необхідний контроль та допомагаючи під час навчання;

- *вибіркове (фрагментарне) використання додаткового навчального матеріалу*, відео- та аудіоматеріал, навчальні посібники, енциклопедії, віртуальні музеї та інші додаткові матеріали предметного навчально-методичного комплексу. З використанням мультимедійних технологій в учнів з'являється можливість на своїх робочих місцях переглянути відео сюжети документальної/художньої кінохроніки, спостерігати соціальні і фізичні явища завдяки анімації високої роздільної здатності, брати участь у колективній проєктній роботі, слухати голоси різноманітних птахів, тварин та ін.;

- *використання тренажерів* – програм для закріплення навчального матеріалу. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки з'являються унікальні можливості здійснення «імітації навколишньої дійсності». З використанням комп'ютера «вмикається» творча уява людини. Відповідно, виникають стимулюючі впливи на творчу активність дитини, оскільки звернення до емоційної сфери особисті учня сприяє створенню психологічного клімату, сприятливого для формування нових підходів та ефективного розв'язування дослідницьких задач;

- *використання діагностичних програм і контролюючих матеріалів*, розроблених учителем із врахуванням психофізіологічних особливостей кожного учня. З використанням комп'ютера з'являється можливість покращення контролю за діяль-

ністю учнів, ведення моніторингового режиму, створення, збереження ходу учнівських робіт і результатів розв'язування різноманітних задач, забезпечуючи гнучкість управління навчально-виховним процесом;

- *виконання учнями творчих та самостійних домашніх завдань* з можливістю демонстрування їх на уроках та під час позаурочної діяльності. з використанням комп'ютерної техніки з'являється можливість розроблення нових типів навчальних задач, в тому числі дослідницьких;

- *використання модулів для побудови графіків, проведення обчислень* тощо;

- *використання компонентів з метою проведення натурних експериментів*, виконання лабораторних практикумів, розрахунково-графічних робіт;

- *педагогічно виважене використання ігрових програм* для закріплення навчального матеріалу, мотивації, психологічного розвантаження та ін.

У дослідженні [3] пропонується модель обчислювальної системи ШІ (див. Рис. 2), що використовується для добору варіантів рішень.

Належність ППЗ до конкретного типу є умовною. Безперечно, навіть спираючись на пропоновану типологію, більшість наявних програм можна одночасно віднести до кількох різних типів ППЗ (див. Рис. 3).

У рамках дослідження розроблено класифікацію педагогічних програмних засобів (ППЗ), які можуть бути використані в процесі навчання предметів математичного циклу для розвитку творчого потенціалу учнівської молоді [4]. Наприклад,

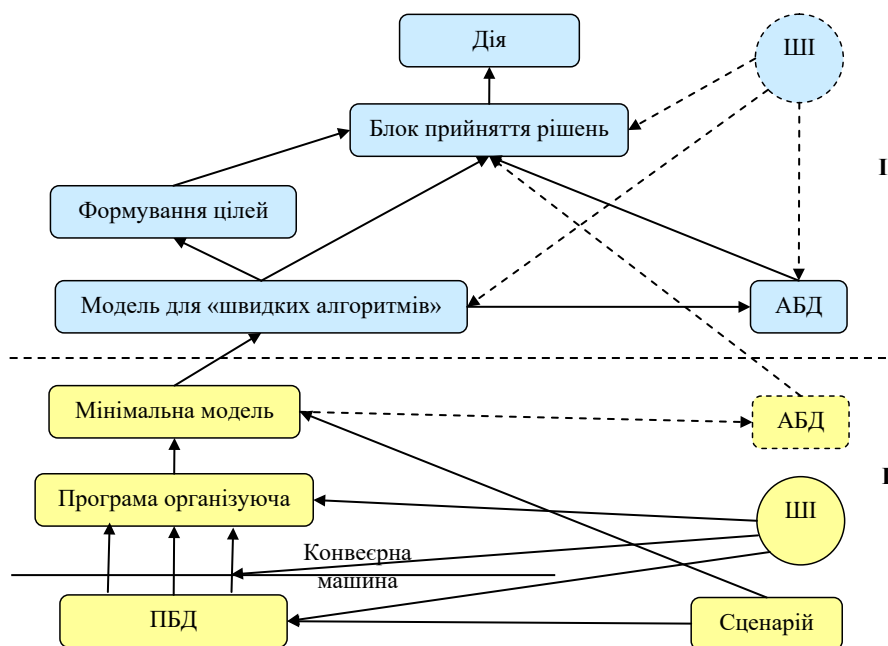


Рис. 2. Схема обчислювальної системи, що використовується для добору варіантів рішень  
 I – швидка система «підсвідомість», II – повільна система «свідомість»,  
 ШІ – штучний інтелект, ПБД – пасивний банк даних, АБД – активний банк даних

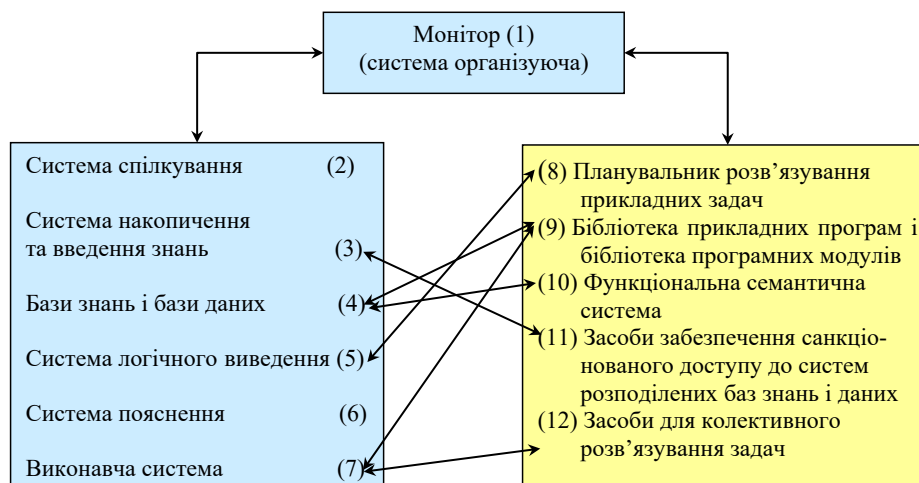


Рис. 3. Компоненти системи КОСН – ШІ

- 1–5 – інтелектуальні інформаційно-пошукові системи (навіть за умови необов'язкового включення компонентів 3 і 5);  
 1–5, 8–10 – інтелектуальні пакети прикладних програм;  
 1, 2, 4, 8–12 – логічні системи (навіть за умови необов'язкового включення компонентів 2 і 4);  
 1–7 – традиційні експертні системи;  
 1–6, 8–10 – гібридні експертні системи планування та проектування;  
 1–7, 11 – розподілені експертні системи;  
 1–12 – узагальнені прикладні інтелектуальні системи

в програмах-тренажерах часто містяться теоретичні відомості і засоби контролю, тому можна їх віднести як до інформаційно-довідкових, так і до контролюючих; імітаційно-моделюючі програми можуть використовуватися для демонстрації та як програми-розв'язувачі тощо.

З використанням *програм-тренажерів* забезпечується одержаннями учнями відомостей з навчальної теорії та відповідних прийомів розв'язування задач, в тому числі тренування на різних рівнях (контролю, самоконтролю, самостійності учнів). Програми рекомендується використовувати *на етапах закріплення вивченого матеріалу, систематизації та узагальнення знань учнів.*

Систематичне використання *контролюючих програм* дозволяє відслідковувати динаміку успішності кожного учня, передбачивши багатоваріантність у межах заданого типу різнорівневих вправ [5]. Ці програми використовуються для здійснення якісного поточного або підсумкового контролю знань учнів із врахуванням відповідної корекції знань, в тому числі для перевірки знань теоретичного матеріалу, практичних умінь і навичок.

Завдяки використанню *програм-розв'язників* на *уроках-практикумах* учні отримують можливість проводити найпростіші обчислювальні експерименти, які допомагають осмислити та ґрунтовно зрозуміти суть навчальної теорії та проілюструвати її застосування в процесі розв'язування прикладних (практичних) задач.

*Демонстраційні програми* розподіляються на універсальні і спеціалізовані. Спеціалізовані програми мають вбудовані в освою основу кадри, що

стосуються певного розділу деякої предметної галузі. З використанням універсальних демонстраційних програм вчитель/учень має змогу самостійно створювати кадри із використанням певного набору правил. Кожен із кадрів/слайдів може містити текстові, графічні повідомлення, елементи анімації та відповідного звукового супроводу. Демонстраційні програми можуть розроблятися вчителем математики/учнями в межах творчого (дослідницького) проекту.

Для *інформаційно-довідкових програм* (довідники, бази навчального призначення і т.д.) характерна ієрархічна структура навчального матеріалу і швидкий пошук даних за відповідним контекстом [6].

Звичайний підручний, безперечно, залишається основним знаряддям учнів, тоді як основна роль *комп'ютерного підручника* – доповнювати звичайний.

У рамках експериментального дослідження [7] вказуються переваги використання *комп'ютерного (електронного) підручника*: забезпечення миттєвого зворотного зв'язку, швидкий пошук необхідних відомостей, економія часу, виводячи текст на екран, моделює та може оновлювати навчальні відомості.

*Ігрові програми* використовуються як засіб моделювання дослідницької задачі, забезпечення можливості здійснення тренування учнів у певному виді діяльності, де вимагається активізація пізнавальних, психомоторних навичок, спонукаючи до ретельного виконання творчої роботи. Безперечно, під час ігрової діяльності створюються передумови для формування в учнів різ-

номанітних стратегій розв'язування задач і структури знань різних галузей.

З використанням *навчальних ігор* створюються ситуації з метою розвитку інтересів і здібностей учнів, відповідних навичок колективної творчості та роботи з комп'ютером. Надмірне захоплення іграми дає небажаний (дуже часто зворотний) ефект [9].

*Імітаційно-моделюючі програми* призначені для самостійної творчої діяльності учнів. До них належать програми типу *лабораторний практикум*, які використовуються для проведення спостережень над об'єктами, їх взаємозв'язками або деякими їх властивостями, для опрацювання результатів спостережень, для їх чисельного і графічного подання, для різних аспектів використання цих об'єктів на практиці.

Доцільно звернути увагу також на *програми-ЕДК (або НДС)*. ЕДК – це система управління евристичною діяльністю учнів у процесі навчання математики, в якій відтворена реальна діяльність учнів, а не окремі її сторони. З використанням евристико-дидактичних конструкцій (у вигляді комп'ютерних програм) відбувається зростання темпів опрацювання та засвоєння обсягу навчального матеріалу та при цьому забезпечується здобуття учнями необхідного комплексу знань. До таких програм належать *програми актуалізації знань (програми «Задача-метод», «Тест з корекцією»)*, *акцентовані програми, зчеплені програми, програми із запізнілою корекцією, програми автоматизованого рецензування розв'язування задач та комплексні програми (евристичні тренажери), що складають із сукупності перерахованих вище програм* [10].

Педагогічно виражене та методично вмотивоване використання компонентів КОМСДН дозволяє посилювати інтелектуальні можливості учня, впливаючи на пам'ять, емоції, мотиви, інтереси, створює умови для перебудови структури його продуктивної та пізнавальної діяльності.

*Основна мета природничо-математичної освіти полягає також в розвитку вміння математично, логічно та усвідомлено досліджувати явища навколишнього світу. Реалізації такої ідеї сприятиме розв'язування на уроках та в позаурочний час дослідницьких задач, тому використання вчителем на уроках дослідницьких задач є не тільки бажаним, але навіть необхідним (обов'язковим!) елементом навчально-виховного процесу.*

Доцільно виокремити основні види навчальної діяльності з вираженням та методично вмотивованим використанням педагогічних програмних засобів: 1. *Актуалізація знань і формування відповідної мотивації учнів.* 2. *Вивчення нового навчального матеріалу.* 3. *Індивідуалізація самостійної роботи учнів.* 4. *Узагальнення та систематизація знань учнів.* 5. *Рефлексія та контроль навчальних досягнень учнів.* 6. *Поглиблення вмінь*

*у предметній галузі і формування навчально-пізнавальної евристичної діяльності учнів.*

Педагогічний програмний засіб доцільно використовувати у навчальному процесі лише за умови необхідності з педагогічної точки зору. Так, наприклад, якщо [3]: 1. Логічно-математичні моделі (графічні (статичні та динамічні), вербально-знакові, знакові) мають недостатню наочність, зрозумілість або є надзвичайно складними для сприйняття учнями. 2. Забезпечується більш висока ефективність навчального процесу у порівнянні з використанням традиційних засобів навчання. 3. Відсутня можливість реалізувати певні засоби навчання у вигляді матеріальних об'єктів (наприклад, фізичних моделей, оригіналів в штучних умовах, оригіналів у природних умовах та ін.).

Виокремимо ті педагогічні програмні засоби, з використанням яких в учнів з'являється можливість проводити чисельний експеримент, виконувати необхідні обчислення або графічні побудови, перевіряти гіпотези, випробовувати різні методи розв'язування задачі та не вимагаються додаткові (спеціальні) знання про комп'ютер [11].

*Безперечно, призначення систем комп'ютерної математики полягає у забезпеченні можливостей та умінь учнів самостійно відкривати математичні науки шляхом експериментування з використанням комп'ютера.*

Завдяки використанню КОМСДН окремі розділи й методи математики стають доступними, зрозумілими, зручними для використання в навчальному процесі. Застосування технологій ШІ дає можливість у багатьох випадках перетворити розв'язування задач на доступний і творчий, дослідницький процес. Учні розв'язують рівняння, нерівності та їх системи, наприклад, не знаючи формул для знаходження коренів, методу інтервалів, методу виключення змінних; здійснюють обчислення похідних та інтегралів, не пам'ятаючи таблиць; досліджують функції, не знаючи алгоритмів їх дослідження. Одночасно, завдяки можливостям графічного супроводу комп'ютерного розв'язування завдання, школярі з легкістю розв'язують досить складні завдання, упевнено володіючи відповідною системою понять і правил.

Розглянемо критерії до використання педагогічних програмних засобів (ППЗ) із метою добору програмних засобів, на які доцільно орієнтуватися в процесі навчання математики:

1. *Педагогічна вираженість та шкільна спрямованість використання педагогічного програмного засобу.* Величезна кількість програмних засобів призначена для виконання складних і громіздких обчислень, роботи з елементами вищої математики. На основі аналізу численних досліджень, навчальної та методичної літератури, існуючих підручників та посібників і навчальної програми саме шкільної математики можна ствер-

джувати, що окремі її розділи залишаються поза межами програми. Використання кількох програмних засобів, кожен з яких містить елементи роботи з математичними об'єктами для вивчення конкретного навчального матеріалу програми, є нераціональним. Програмний засіб повинен відігравати роль робочого інструменту учня в навчально-виховному процесі та бути пристосованим для індивідуальної роботи учнів з метою реального виконання опрацювання даних та виконання досліджень, без жодної імітації роботи [12].

**2. Методична доцільність використання педагогічного програмного засобу.** Кожен програмний засіб, перш ніж використовувати в процесі навчання шкільної математики, повинен бути оцінений з позиції методичної доцільності такого використання. Використовуються системи комп'ютерної математики, які можуть бути потужним інструментальним або моделюючим засобом, однак їх методичне (!) використання на уроці доцільним та педагогічно виваженим неможливо вважати.

Доцільно наголосити, що використання деяких з таких програмних засобів на уроках та в позаурочний час може бути не лише педагогічно недоцільним, а навіть шкідливим [13]. Педагогічний програмний комплекс, що використовується в процесі навчання математики (на уроках і позаурочний час) складається з *безпосередньо програмного засобу; методичних рекомендацій щодо його використання; інструкції для вчителів та учнів; опису відповідних методик проведення уроків з використанням ППЗ.*

**3. Інтуїтивно зрозумілий і простий інтерфейс.** Стандартний інтерфейс користувача педагогічного програмного засобу повинен відповідати стандартним варіантам організації взаємодії з користувачем (вчитель/учень) із забезпеченням можливості обирати доступні операції залежно від потреб навчального процесу, які використовуються в сучасних прикладних математичних пакетах.

**4. Апаратна невибагливість і програмна сумісність.** Пропоновані педагогічні програмні засоби та інші програмні продукти повинні використовуватись у всіх кабінетах інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій, незалежно від комплектації.

**5. Наявність ліцензії на використання педагогічного програмного засобу.** Будь-який педагогічний програмний засіб, що використовується для підтримки навчання предметів природничо-математичного циклу, та відповідна операційна система повинні забезпечуватися ліцензією для подальшого їх використання в навчальному закладі.

**6. Надійність та безпека експлуатації в умовах сучасного кабінету інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій.** Використання

педагогічних програмних засобів не повинно спричиняти ситуацій, наслідками яких є внесення несанкціонованих змін у робочі (системні) файли та пошкодження (видалення) файлів, ОС та ін. Пропонований підхід до вивчення математики забезпечує наочне представлення понять, які досліджуються, що суттєво сприяє розвитку образного мислення, оскільки всі рутинні обчислювальні операції і побудови виконує безпосередньо комп'ютер, залишаючи учнями час на здійснення дослідницької діяльності.

*З використанням систем динамічної геометрії виникає можливість виконувати побудови на комп'ютері, створюючи побудови будь-якої складності з використанням обмеженого набору основних інструментів, аналогічні класичним геометричним побудовам (на папері), з одночасним «оживленням» рисунку, спостерігаючи за різноманітними змінами його при переміщенні базових точок мишкою. При цьому креслення динамічно змінюється, зберігаючи відповідні залежності між частинами побудови.*

З використанням систем динамічної математики забезпечується необхідна інтерактивність роботи з рисунком і можливість його дослідження в динаміці [9], причому з'являється можливість:

- автоматизувати процес побудови, розширюючи набір базових геометричних інструментів, попередньо визначивши вихідні об'єкти та алгоритм побудови;

- виконувати побудови, аналогічні класичним побудовам за допомогою циркуля та лінійки (*будувати відрізки; промені; прямі за двома точками; будувати точки, що належать фігурам; знаходити точки перетину фігур; будувати образ точки при центральній та осьовій симетрії, середину відрізка; вимірювати відстані і кути; проводити паралельні і перпендикулярні прямі, бісектриси; коло за даним радіусом; коло за центром і точки на ньому*);

- задавати точки і фігури аналітично (за допомогою координат і рівнянь);

- здійснювати оформлення рисунків, змінюючи при цьому властивості відображення точок і фігур (*товщину ліній, стиль, колір, спосіб нанесення, відображати необхідні частини рисунка*);

- вимірювати відповідні параметри побудови (*координати, довжини, кути, площі*) шляхом (а) безпосереднього вимірювання (*позначення крапок для виміру та підготовка відповідних підписів*), (б) з використанням вбудованого геометричного калькулятора, (в) додавання напису з динамічними виразами;

- вимірювати параметри побудови, причому значення миттєво обновляються залежно від відповідних змін базових параметрів; з'являються можливості для виконання досліджень, пошуку закономірностей і формування гіпотез;

- використовувати необхідні елементи аналітичної геометрії (*систему координат, графіки функцій, рівняння прямих і кіл, алгебраїчні залежності між частинами побудови тощо*);

- будувати *геометричні місця точок, будувати слід точки при відповідному переміщенні, будувати сліди прямої на комплексному кресленні та ін.*;

- переглядати алгоритми побудови за необхідними кроками;

- здійснювати експорт рисунків в графічні формати для підготовки геометричних ілюстрацій та використання в інших додатках.

Серед запропонованої у методичних дослідженнях типології уроків виокремлено лише ті, які найбільш доцільні в контексті педагогічно виваженого та методично вмотивованого використання компонентів комп'ютерно орієнтованої системи навчання [3]: *інтегрований урок; комбінований урок; урок-дидактична гра; урок-змагання; урок-консультація; урок-лекція; урок-семинар; урок-залік; урок-практикум; урок ознайомлення з новим навчальним матеріалом; урок застосування нових знань і вмій; урок перевірки та корекції знань та вмій; урок закріплення нового навчального матеріалу; урок узагальнення та систематизації знань.*

Під час підготовки та організації навчального процесу, відповідного планування занять необхідно враховувати наступне: 1. Комп'ютер як навчальний засіб не може оперативним та точно реагувати на зміни педагогічних ситуацій, що виникають, *відповідно – не може замінити вчителя (!)*. 2. Тривала робота учнів з використанням персонального комп'ютера, наприклад, упродовж усього уроку, є *недопустимою та шкідливою*. 3. Синхронна робота з допомогою вчителя *доцільна упродовж короткого проміжку часу з метою виконання конкретних етапів дослідницького проекту.*

Результати дослідження свідчать про можливе та доцільне використання таких програм у поєднанні з традиційними методами навчання, причому отримуємо можливість ефективно використовувати час без перевантаження учнів. Безперечно, створюються умови для дослідницького навчання та реалізуються нові підходи, які не можна використовувати під час традиційного навчання. Йдеться про можливість *пошуку власного логічного розв'язування задачі; моделювання досліджуваних явищ; пошук варіантів раціональних розв'язків; постановка проблеми і можливість поетапного її розв'язування.*

Відповідні навчальні дії розвивають логічне мислення та творчі здібності учнів, що в свою чергу сприяє розвитку інтелекту, адже під час вивчення математики з використанням педагогічних програмних засобів учень учиться критично мислити

і ґрунтовно аналізувати навчальні матеріали, конструє необхідні знання і відкриває для себе нові між предметні зв'язки, в тому числі із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій.

**Висновки і пропозиції.** Майстерність учителя полягає у розумінні, які знання та в якому вигляді необхідно пропонувати учням, враховуючи психофізіологічні особливості кожного з них. Йдеться про планування та проектування навчально-виховного процесу в розуміння конкретної технології навчання, оскільки необхідно продумати та організувати процес методично вмотивованого використання учнями інформаційно-комунікаційних технологій із забезпеченням чіткого зворотного зв'язку.

Безперечно, використання комп'ютерної техніки сприяє підвищенню мотивації в процесі навчання учнів. З використанням інформаційно-комунікаційних технологій можливо моделювати реальні процеси, відповідно – виокремити причини та наслідки, розуміти суть відповідних процесів. З'являється можливість здійснення класифікації дослідницьких задач за складністю, коректно заохочуючи учнів, які отримали правильні відповіді.

На підставі проведених тривалих досліджень можна стверджувати, що організовані варіативні моделі дослідницького навчання за допомогою ґрунтовно педагогічно продуманих компонентів комп'ютерно орієнтованих методичних систем навчання є перспективним напрямком щодо модернізації процесів навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах. Проведена ґрунтовна робота у напрямку розроблення науково-методичного і дидактичного забезпечення щодо використання компонентів комп'ютерно орієнтованої системи дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу [3].

Очевидна ефективність експериментального дослідження спрямована також на створення оптимальних умов для перманентного підвищення рівня фахової майстерності вчителів, в тому числі математики, фізики, хімії, біології, екології та ін., в контексті використання компонентів КОМСДН, у т.ч. технологій ШІ у освітньому процесі.

#### Список використаної літератури:

1. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019.: 101–119.*
2. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds)



- Advances in *Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019.: 370–382. Springer, Cham Online.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
  4. Гриб'юк О.О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. *Наукові записки. Випуск 7. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Частина 3. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. С. 38–50.
  5. Гриб'юк О.О. Рівнева модель дослідницького навчання учнів математики з використанням комп'ютерно орієнтованої методичної системи. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Том 77. № 3. 39–65.
  6. Гриб'юк О.О. Перспективи впровадження варіативних моделей комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах України. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський: КПНУ, 2016. Випуск 22: *Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей*. С. 184–190.
  7. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017 : Збірник наукових праць*, 27–30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38–43. ISBN 978-966-2598-86-5
  8. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022.: 55–68. Springer, Cham Online.
  9. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця : ТОВ Фірма «Планер», 2020.
  10. Hrybiuk O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry. *Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH*. Vienna. 2014. P. 46–53.
  11. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. *Innovations in Mechatronics Engineering II. ICIENG 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20)
  12. Гриб'юк О.О. Математичне моделювання при навчанні дисциплін математичного та хіміко-біологічного циклів : навчально-методичний посібник для учителів. Рівне : РДГУ, 2010. 207 с.
  13. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27–32, 2020, p. 770–785.

**Hrybiuk O. Pedagogical design of variable models of computer-oriented methodological systems for research teaching of natural and mathematical subjects using artificial intelligence technologies**

*The study provides a comprehensive overview of the potential applications of pedagogical design in the context of computer-oriented methodological systems for research-based teaching of natural and mathematical subjects, including the use of artificial intelligence technologies. The author's models, which utilise AI services, are proposed as a means of organising students' research activities. The developed variable didactic constructs in research teaching are represented by a system of logically interrelated variable research tasks. In combination with variable models, instructions and the necessary minimum of educational information, this system makes it possible to discover new knowledge about the objects of research, find patterns and form hypotheses. Among the typology of lessons proposed in the study, the most appropriate ones in the context of pedagogically balanced and methodologically motivated use of COMSRL components are highlighted. The utilisation of dynamic mathematical systems ensures the requisite interactivity of working with a drawing and the possibility of its study in dynamics. The article offers a classification of the components of COMSRL that can be used in the process of research and teaching of mathematical subjects in a pedagogically balanced and methodologically motivated way to develop the creative potential of students and improve the professional skills of teachers. The data obtained in the course of the experimental study were used to analyse the most*

*appropriate variable models of COMSRL in the process of research and teaching of natural and mathematical subjects. In order to select software tools that are appropriate for guiding students in the process of research education, criteria for the use of COMSRL components, including the use of artificial intelligence technologies, are proposed. The effective use of the proposed system depends on the teacher's ability to design a learning model in compliance with the conditions developed in the experimental study. The findings of the study demonstrate that it is feasible and advantageous to integrate variable models of COMSRL with conventional teaching methodologies, without overwhelming students.*

**Key words:** *research training; variable models; computer-oriented methodological system of research education; mathematical modeling, artificial intelligence, COMSRL.*