

УДК: 373.5:5]:004

DOI: 10.31652/2412-1142-2020-56-64-77

Гриб'юк Олена Олександрівна

кандидат педагогічних наук, доцент, провідний науковий співробітник

Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID 0000-0003-3402-0520

olenagrybyuk@gmail.com

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ УЧНІВ ПРЕДМЕТІВ МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ З ПЕДАГОГІЧНО ВИВАЖЕНИМ ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНОЇ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ: ПРАЦЮЄМО В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Анотація. У дослідженні ґрунтовно представлено можливості педагогічного проектування з педагогічно виваженим використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання (КОМСДН) предметів математичного циклу в закладах загальної середньої освіти в контексті неперервності освіти. Основна мета 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. Педагогічно виважене використання компонентів КОМСДН в дослідженні розглядається в декількох напрямках: уточнення термінологічного апарату та механізмів роботи інструментів із врахуванням системи понять і тверджень шкільного курсу математики; розширення спектру предметів математичного циклу і системи дослідницьких задач, розрахунково-графічних робіт з педагогічно виваженим і методично вмотивованим використанням систем комп'ютерної математики; розширення можливостей експорту та імпорту навчального матеріалу в рамках дослідницького навчання учнів; підвищення доступності комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання в умовах різного рівня технічного забезпечення учнів. Для організації дослідницької діяльності школярів пропонується ряд авторських конструкторів. Переваги і недоліки комп'ютерного моделювання розглядаються в контексті навчальної і методичної діяльності, для підтримки якої вони призначені. Матеріали призначені для вчителів, вихователів, буде корисним викладачам і студентам педагогічних університетів, слухачам системи післядипломної педагогічної освіти та усім, хто цікавиться природничо-математичною освітою.

Ключові слова: навчання математики; дослідницькі задачі; система комп'ютерної математики; комп'ютерно орієнтована методична система дослідницького навчання; математичне моделювання; методика навчання математики.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. В умовах реформування сучасної освіти актуальним є завдання навчальних закладів щодо інтелектуального розвитку учнів, залучення їх до науково-дослідницької, творчої діяльності. В основу дослідницьких підходів покладено психологію творчого мислення, намагання здійснити формалізацію творчої діяльності, процедури пошуку нових знань. Однак в навчальних закладах різного рівня (особливо в закладах дошкільної освіти, закладах загальної середньої освіти) інтелектуальному розвитку дітей та учнів, розвитку науково-дослідницької діяльності приділяється недостатньо уваги. Це пов'язано, в першу чергу, з відсутністю розробленого на належному рівні методичного забезпечення для вчителів і слабкої орієнтації на організацію науково-дослідницької діяльності учнів у підручниках і навчальних посібниках з математики.

Безперечно, підхід до проблеми формування дослідницької діяльності учнів в процесі навчання математики потребує суттєвих та ґрунтовних змін у методичних системах у зв'язку

з протиріччями: між потребою суспільства в активних, ініціативних, творчо мислячих, соціально адаптованих громадянах і традиційною спрямованістю навчальних закладів; між соціальними вимогами інформаційного суспільства до підготовки випускників школи і майбутніх учителів щодо використання у практичній роботі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та відсутністю належного методичного забезпечення такої підготовки; між творчим характером пізнавальної діяльності і репродуктивними методами навчання під час навчально-виховного процесу в школі; між прагненнями частини вчителів надавати педагогічну підтримку розвитку дослідницької діяльності учнів і нерозробленістю відповідного методичного забезпечення в умовах використання ІКТ.

Вирішити ці суперечності можливо завдяки введенню в традиційний навчально-виховний процес методичної системи дослідницького навчання математики (КОМСДН), з використанням якої в учителів з'явиться можливість організовувати і управляти творчою діяльністю учнів. В основу такої системи покладено сукупність п'яти взаємопов'язаних компонентів: *цілей, змісту, методів, організаційних форм і засобів навчання, однак, на відміну від традиційного навчання, кожний із пропонованих компонентів доповнений дослідницькими складовими, тобто побудований з урахуванням прийомів науково-дослідницької діяльності.*

Дослідницьке навчання математики являє собою реалізацію теоретико-методичних основ формування прийомів навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності учнів в умовах педагогічно виваженого та методично вмотивованого використання ІКТ. Акцентується увага і на психологічних дослідженнях, апріорі обмежених невірним постулатом про те, що винахід – деякий виключно психологічний процес: важливо лише те, що відбувається у голові винахідника. В дійсності винахід – закономірний перехід технічної системи з одного стану в інший. Ґрунтуючись на знаннях розвитку технічних систем, можна планомірно розв'язувати задачі, свідомо долаючи труднощі, в тому числі психологічні [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Я.А. Коменський ґрунтовно розглядає особливості навчання, формулює принципи навчання, спираючись на природу речей і критикує школи за те, що вони навчають дітей чужим знанням замість розвитку власного погляду на світ [2]. *Написане Я.А. Коменським не втрачає актуальності і сьогодні.* Дитина потребує діяльності неперервної і стомлюється лише від одноманітності в діяльності. Освіта, яка ґрунтується та будується на вітчизняних ідеях і традиціях, завжди відповідатиме завданням національного розвитку. Мета народної освіти полягає в розвитку внутрішнього потенціалу кожної людини. Важливою особливістю людини є її відкритість невідомому, новому. Наприклад, К.Е. Ціолковський – основоположник теорії міжпланетних сполучень, який запропонував форми майбутнього існування людства, створивши теорію польоту реактивного літака в стратосфері для здійснення космічних польотів, обґрунтував філософську теорію «променистого людства» [3]. Принцип персоналізму в навчанні полягає в тому, що учень проявляє себе, перш за все, в тих способах діяльності, які притаманні його індивідуальності. Учень, який постійно перебуває в надзвичайній *ситуації невідомого*, навчається бути відкритим для інших, невідомих йому структур життя, однак будуть необхідні в майбутньому. Ідеї філософів актуальні для конструювання сучасного змісту загальної середньої освіти. Перед педагогічною наукою і дидактикою стоїть завдання обґрунтування необхідності *дослідницького компоненту шкільної освіти, органічно пов'язаного з іншими компонентами; формулювання принципів його конструювання; побудова моделі і опис його окремих частин; умови реалізації на різних рівнях освіти (від стандартів до змісту навчальних курсів і окремих уроків).*

В традиційній шкільній освіті практично відсутня можливість проектувати учнями власний світ знань, як результат, неможлива побудова індивідуальних освітніх траєкторій та творча самореалізація школярів в цілому. Різноманітні аспекти діяльнісного підходу розроблено в дослідженнях психологів і педагогів Л.С. Виготського [4], А.Н. Леонтьєва [5], С.А. Рубінштейна [6], В.В. Давидова [7], В.Д. Шадрікова [8], П.І. Підкасистого [9], Г.П. Щедровицького [10], Т.І. Шамової [11], Н.Ф. Тализіної [12] і ін., на основі яких можна

стверджувати, що під час діяльності не лише проявляються, але й створюються здібності учнів. В процесі організації певного виду освітньої діяльності в учнів формуються відповідні здібності та якості особистості школярів, необхідні даному виду діяльності. В науковому середовищі існує два підходи до аналізу діяльності: психологічний і методологічний. Психологічний підхід ґрунтується на роботах наукової школи А.Н. Леонтьєва. В психологічній теорії діяльність редукується до діяльності індивіду, трактується як його атрибут, тобто вважається, що суб'єкт здійснює діяльність. Освіта – це система діяльностей, що змінюють одна одну. На думку А.Н. Леонтьєва, діяльність – це одиниця життя, що опосередкована психічним відображенням, реальна функція якої полягає в тому, що воно орієнтує суб'єкта в предметному світі [13].

Основне із завдань даного дослідження полягало в тому, щоб виокремити той необхідний і достатній набір знань, умінь і навичок, засвоєння яких, з одного боку, дозволить школяреві, який прийшов із звичайної середньої ланки школи, реалізувати програму мінімум – вступ до вищого навчального закладу, з іншого боку, – забезпечити успішність подальшого навчання. Активне засвоєння і використання знань повинні забезпечити відповідний інтелектуальний розвиток учня. Що стосується проблем диференціації шкільної математичної освіти, не існує жодного «обов'язкового» набору знань, умінь і навичок, достатнього навіть для переведення учнів в наступний клас. Критерієм засвоєння, на їхню думку, повинні слугувати певний рівень культури і знань, наявність якого сприятиме забезпеченню формування готовності людини жити і працювати в умовах науково-технічної революції, комп'ютеризації сучасного виробництва. Перевірка рівня математичного розвитку не повинна зводитися до перевірки умінь і навичок рецептурного розв'язування простих задач [14].

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Творчого результату можна очікувати лише за умови, коли учень забезпечується правом вибору цілей освіти, освітньої траєкторії, теми конкретної творчої роботи, форми її виконання і захисту, коли заохочується власний погляд учня на проблему дослідження. Творче навчання ґрунтується на використанні трьох інтегративних здібностей учня (когнітивних, творчих і методологічних), які в сукупності забезпечують створення учнем освітнього проекту. В процесі пізнання реальної дійсності учень займається такими видами діяльності: пізнання об'єктів навколишнього світу та необхідних знань про нього; створення учнем особистісного продукту освіти; самоорганізація попередніх видів діяльності – пізнання та творення.

Як результат виконання розглянутих вище видів освітньої діяльності, в учнів виявляються відповідні інтегративні здібності: когнітивні – вміння відчувати навколишній світ, досліджувати причини виникнення явищ, визначати розуміння/нерозуміння питання; творчі (креативні) – гнучкість розуму, прогностичність, фантазія, наявність власної думки; методологічні – здатність усвідомлювати мету учбової діяльності і вміння пояснювати, формулювати, досягати, рефлексивне мислення, комунікативність тощо.

Когнітивні здібності учня, що необхідні в процесі пізнання навколишнього світу людиною: інтелектуальні властивості особистості учня (допитливість, ерудованість, винахідливість, логічність, інтелектуальний розвиток, обґрунтованість, аналіз і синтез, знаходження аналогії, вміння експериментувати і знаходити протиріччя, формулювати проблеми і гіпотези, виконувати теоретичні і експериментальні дослідження, вміння розв'язувати задачі з використанням різних методів і т.д.); фізичні і фізіологічні особливості школяра; вміння аргументувати свої знання і отримані результати, структурно-системне бачення досліджуваної галузі в просторовому і часовому вимірах, наукове бачення з різних позицій, знаходження зв'язків між об'єктами тощо [15].

Творчі (креативні) здібності учня: емоційно-образні властивості особистості учня: асоціативність, образність, емоційне піднесення в творчих ситуаціях, уява, почуття новизни, чутливість до протиріччя, емпатія, знакотворчість; ініціативність, винахідливість,

неординарність, нестандартність мислення, асертивність, самобутність, своєрідність і ін.; формулювання гіпотез, прогностичність, конструювання варіантів, закономірностей, формул, теорій; Інтуїція, інсайт, медитація і ін.; незалежність, здатність до ризику, наявність особистих освітніх результатів та досягнень, що відрізняються від державних стандартів оригінальністю, глибиною, ґрунтовністю і ін.; наявність досвіду реалізації творчих здібностей в формі оригінального виконання і захисту дослідницьких робіт, участі в творчих конкурсах, олімпіадах тощо [16]. *Методологічні властивості особистості учня* проявляються в процесі організації освітньої діяльності учня під час дослідницької діяльності: *Організаційно-педагогічні вміння* організовувати творчість інших учнів, спільне генерування ідей, вміння організовувати «мозковий штурм», брати в ньому активну участь; вміння дискутувати, порівнювати ідеї тощо; знання індивідуальних діяльнісних особливостей, рис характеру, оптимальних темпів і форм занять під час вивчення навчальних предметів; усвідомлення і вміння пояснювати цілей і завдань предметних занять, чітко розуміння свого місця під час реалізації проектних завдань; вміння формулювати цілі, наявність програми досягнення цілей, впевненість під час досягнення цілей, цілеспрямованість, стійкість; вміння взаємодіяти з іншими суб'єктами освіти та з оточуючим світом, вміння відстоювати свої ідеї, «тримати удар», автономність, незалежність, рішучість, комунікативність тощо; самоаналіз, володіння методами рефлексивного мислення, вміння шукати сенс діяльності будувати перспективні плани на майбутнє; вміння самоорганізовуватися, в тому числі планувати діяльність; одночасне утримання в свідомості різних альтернатив, гнучкість і варіативність дій, комбінаторність підходів під час творчої діяльності. *Діяльність* – мотивований процес використання учнями певних засобів з метою досягнення власної або зовнішньо сформульованої мети [15].

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідницьке навчання математики – це дидактична система, спрямована на формування навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності учня, на оволодіння знаннями, навичками та уміннями з предметів математичного циклу через конструювання учнем своєї індивідуальної освітньої траєкторії в процесі навчання математики.

Мета дослідницького навчання математики полягає у наданні учням можливості створювати знання, продукувати освітню продукцію з предметів математичного циклу у вигляді уміння будувати визначення понять і використовувати їх, висловлювати судження та будувати умовиводи, розв'язувати різного типу математичні задачі, сприяти процесі зміни особистісних якостей учня, які розвиваються у навчально-виховному процесі [16].

У дослідницькому навчанні математики навчальні вміння, що описують відповідні цілі, доповнюються дослідницькими, технологічними вміннями, яких мають набути учні в процесі вивчення певної математичної теми. З використанням КОМСДН, під час виконання творчої роботи на уроках математики та в позаурочний час, формуються такі *дослідницькі вміння*: спостереження явищ з розряду логічних та математичних категорій; аналіз фактів та сприйняття їх через призму математики; виокремлення об'єктів, що є важливими для пошуку розв'язання задачі; урахування та співвідношення всіх даних задачі між собою та з вимогою задачі, з'ясування їх узгодженості і можливих суперечностей; висування та обґрунтування гіпотези; прогнозування результатів; формулювання узагальненого прийому, що пояснює сутність задачі; побудова різних варіантів плану дій, різні методи розв'язування; переклад узагальнених схем дій в конкретні операції; пошук асоціацій з об'єктом дослідження; виявлення нових функцій того ж об'єкта; комбінування різних способів і прийомів розв'язування задачі; формулювання та обґрунтування висновків; перевірка правильності виконання дій; перевірка результатів; порівняння результатів з нормативними, еталонними [20].

У процесі постановки цілей навчання виокремлено також дослідницькі уміння із врахуванням того, які саме компоненти КОМСДН використовуються під час їх формування.

В системі дослідницького навчання предметів математичного циклу до змісту математичної освіти, *окрім предметних знань, входять дії, адекватні формуванню математичних понять, навчанню теорем та їх доведенню, алгоритмам, задачам, загальнонаукові методи пізнання та спеціальні дослідницькі прийоми*. Безперечно, зміст навчання поширюється та поглиблюється шляхом включення до нього дослідницьких задач, завдяки яким в учнів формуються дослідницькі прийоми [17]. *Дослідницька задача* – це нестандартна задача, в процесі розв’язування якої припускається самостійне формулювання способу її розв’язування, під час вирішення якої учень потрапляє в ситуацію, де він повинен виявити власну науково-дослідницьку позицію. У процесі розв’язування дослідницьких задач та їх систем здійснюється становлення інтелектуальної та науково-дослідницької діяльності. *Дослідницькі задачі використовуються*: як засіб формування математичних понять, навчання теорем тощо; з метою формування навчально-пізнавальної, науково-дослідницької діяльності учнів; як засіб з метою створення дослідницьких дидактичних конструкцій і навчальних та евристичних комп’ютерних програм; виступають основою для створення дослідницьких ситуацій актуалізації, орієнтування, наукового пошуку, перетворення, трансформації, інтеграції тощо [20].

Закономірності навчання, закони і принципи навчання – основні елементи дидактики як науки. У дослідженні пропонується не лише відображення взаємозв’язків між дидактичними елементами, а й *модель педагогічної діяльності вчителя-дослідника* [15]. Нова педагогічна діяльність знову перетворюється на об’єкт вивчення: *спостереження, описів, теоретичного аналізу, в результаті якого виявляються нові закономірності, формулюються нові принципи, розробляються рекомендації, створюються нові проекти тощо*. Рефлексивне осмислення вчителем практики навчання знаходить своє відображення у відповідних закономірностях і принципах, що виражаються в нових правилах організації педагогічної діяльності вчителя.

На основі аналізу досліджень відомих дидактів (В.І. Андрєєв, Ю.К. Бабанський, В.В. Краєвський, І.Л. Лернер, М.І. Махмутов, М.Н. Скаткін, В.І. Сластьонін, А.В. Хуторський і ін.) виокремлено закони навчання: *закон соціальної обумовленості мети, змісту, форм і методів навчання; закон взаємозв’язку творчої самореалізації учня з використанням КОМСДН; закон взаємозв’язку навчання, виховання і розвитку; закон цілісності та єдності освітнього процесу; закон обумовленості результатів навчання характером освітньої діяльності*. З метою удосконалення дидактичних закономірностей створюються їх класифікації з врахуванням, наприклад, зовнішніх і внутрішніх закономірностей (дидактичних, гносеологічних, психологічних, соціологічних, організаційних). Пропонується класифікація закономірностей навчання, в основу якої покладено дидактичні компоненти: *мета, зміст, технології, форми і методи, засоби, системи контролю і оцінювання результатів навчання*. Класифікація процесів дослідницького навчання учнів доповнюється новими закономірностями, що деталізують відповідні галузі освіти з позиції опису дидактичних компонентів [15].

Закономірності щодо мети навчання: ефективність освітнього процесу визначається збалансованістю цілей навчання на різних рівнях (*державному, суспільному, національному, шкільному, учнівському, учительському, батьківському тощо*); освітня продуктивність учнів зростає за умови участі останніх у визначенні мети навчання, доборі його технологічних компонентів, у створенні особистісного компонента змісту освіти; мета кожного етапу навчання визначається рівнем досягнення цілей попереднього етапу і особистісними особливостями учнів в контексті динаміки їх розвитку.

Закономірності щодо змісту навчання [20]: ефективність навчання визначається способами структурування змісту освіти (*чергування інтеграційних елементів з детальним розглядом його компонентів, наявністю в системі компонентів індивідуального учнівського змісту освіти тощо*); Зміст *шкільної освіти з використанням відкритого середовища навчання* визначається можливістю проектування індивідуальної освітньої траєкторії учнів;

доповнення навчально-виховного процесу *метапредметною компонентою змісту освіти* сприяє виведенню учнів за межі навчального предмету і призводить до встановлення ними особистісно-значущих зв'язків з іншими освітніми галузями; особистісне пізнання учнем фундаментальних освітніх об'єктів закономірно призводить до можливості проектування особистісної системи знань, адекватної до освітніх стандартів та навколишньої дійсності; результати учнів залежать не від об'єму вивченого матеріалу, а безпосередньо від змісту створеної ними освітньої продукції.

Закономірності щодо технологій, форм і методів навчання: ефективність навчання залежить від відповідності видів і способів організованої діяльності віковим і іншим індивідуальним особливостям учнів; первинність отримання учнем власного освітнього продукту по відношенню до аналогічних зовнішніх освітніх стандартів призводить до зростання мотивації щодо навчання і продуктивності освіти; збільшення в навчально-виховному процесі кількості *дослідницьких задач, що не мають однозначно визначених розв'язків і відповідей*, збільшує інтенсивність і ефективність розвитку творчих властивостей учнів; рівень освітньої продукції учнів визначається їх індивідуальними здібностями і рівнем засвоєння ними технології освітньої діяльності [20].

Закономірності щодо використання засобів навчання: використання засобів навчання реальних об'єктів пізнання (гербарії, експонати, пристрої, реальні об'єкти дослідження під час виконання творчих робіт, польових досліджень тощо) забезпечує природничий характер навчання, яке перетворюється на доступніше та ефективніше для учнів у порівнянні з *пізнанням теоретичних абстракцій*; використання *діяльнісного підходу* під час побудови навчальних підручників із врахуванням, що запропоновані в них види діяльності відповідають комплексу спеціально підібраних особистісних якостей учня (*передбачається посилення розвивального компоненту навчання*); використання інтерактивних підходів в процесі побудови КОМСДН значною мірою підвищує продуктивність навчання у порівнянні з технічними засобами без організації зворотного зв'язку [15], [20].

Закономірності щодо оцінювання результатів навчання і системи контролю [20]: динаміки творчих досягнень учнів випереджає динаміку підвищення рівня засвоєння ними базових освітніх стандартів; науково-дослідницька результативність навчання більше впливає на розвиток особистісних властивостей учнів, ніж на рівень засвоєння ними освітніх стандартів; зміни зовнішніх освітніх продуктів учня відображають його внутрішньо організований рівень освіченості, розвиваючи креативні, когнітивні та організаційно-діяльнісні властивості особистості учня; діагностика особистісних освітніх здобутків учня ефективніше впливає на якість освіти в цілому, ніж діагностика та контроль його освітніх результатів у порівнянні з державними стандартами освіти.

У питаннях інформатизації навчально-виховного процесу спостерігається стійка тенденція переходу від використання 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 України та за її межами. У дослідженні пропонується класифікація ППЗ, які можуть бути використані в процесі навчання предметів математичного циклу для розвитку творчого потенціалу учнів [15]. 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). Належність ППЗ до конкретного типу є умовною. Безперечно, навіть спираючись на пропонувану типологію, більшість наявних програм можна одночасно віднести до кількох різних типів ППЗ. Наприклад, 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. 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 різномірних вправ. 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 (дослідницьких) задач [20]. *Демонстраційні програми* розподіляються на універсальні і спеціалізовані. Спеціалізовані програми мають вбудовані в основу 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. До таких програм можна віднести, наприклад, репетитори «*Віртуальна школа Кирила і Мефодія*» [15].

Використовуються математичні пакети спеціалізовані (*Eureca, MacSyma, MacMath, StatGraph, Reduse, SketchPad, Cabri, та ін.*) та універсальні (*GeoGebra, Gran, DG, Derive, MathCad, MathLab, Maple, Mathematica, MuPad та ін.*) зі зручним інтерфейсом, у яких реалізовано значну кількість стандартних і спеціальних математичних операцій і функцій., потужні графічні засоби дво- та тривимірної графіки, мови програмування, засоби підготовки математичних текстів для друку, експортування даних в інші програмні продукти та імпортування з них даних з метою опрацювання. З використанням таких програмних засобів створюється зручне комп'ютерне середовище для експериментування в певній математичній галузі (*наприклад, алгебрі, математичному аналізі, геометрії (стереометрії, планіметрії), теорії ймовірностей і математичній статистиці та ін.*), з'являється можливість для візуалізації абстракцій, розв'язування типових математичних задач [17].

У дослідженні [15] використовуються *ігрові програми* 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 різноманітних 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!

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 [20]. Використовуються також на програми КОМСДН у процесі дослідницького навчання математики, де відтворена реальна діяльність школярів, а не окремі її сторони. З використанням дослідницького-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», «Софізм»*), *акцентовані програми*, *зчеплені програми*, *програми із запізнюючою корекцією*, *програми автоматизованого рецензування*

розв'язування задач та комплексні програми (тренажери), що складають із сукупності перерахованих вище програм [15].

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Педагогічно виважене та методично вмотивоване використання КОМСДН сприяє посиленню інтелектуальних можливостей учня, впливаючи на пам'ять, емоції, мотиви, інтереси, створює умови для перебудови структури його продуктивної та пізнавальної діяльності [14]. *Основна мета 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.* Виокремлено основні види навчальної діяльності з виваженням та методично вмотивованим використанням КОМСДН [15]: *актуалізація знань і формування відповідної мотивації учнів; вивчення нового навчального матеріалу; індивідуалізація самостійної роботи учнів; узагальнення та систематизація знань учнів; рефлексія та контроль навчальних досягнень учнів; поглиблення вмінь у предметній галузі і формування навчально-пізнавальної евристичної діяльності учнів.* КОМСДН використовується у навчальному процесі лише за умови дидактичної необхідності. Наприклад, якщо: *логічно-математичні моделі (графічні (статичні та динамічні), вербально-знакові, знакові) мають недостатню наочність, зрозумілість або є надзвичайно складними для сприйняття учнями; забезпечується висока ефективність навчального процесу у порівнянні з використанням традиційних засобів навчання; відсутня можливість реалізувати певні засоби навчання у вигляді матеріальних об'єктів (наприклад, фізичних моделей, оригіналів в штучних умовах, оригіналів у природних умовах та ін.).*

Безперечно, призначення систем комп'ютерної математики полягає у забезпеченні можливостей та умінь учнів самостійно відкривати математичні науки шляхом експериментування з використанням комп'ютера [16]. Завдяки використанню КОМСДН окремі розділи й методи математики стають доступними, зрозумілими, зручними для використання в навчальному процесі. Застосування подібних програм 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 [21]. 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. 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 [20]. *З використанням КОМСДН 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 [15].*

З використанням КОМСДН забезпечується необхідна інтерактивність роботи з рисунком і можливість його дослідження в динаміці, причому з'являється можливість [20]: 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 [19].

Варіативні дидактичні конструкти в дослідницькому навчанні [15] – це система логічно взаємопов'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 (рис. 1).

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 [19]. Безперечно, створюються умови для розвивального 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 учить критично мислити і ґрунтовно аналізувати навчальні матеріали, конструє необхідні знання і відкриває для себе нові між предметні зв'язки, в тому числі із застосуванням ІКТ[21]. Розроблено критерії до використання КОМСДН із метою добору програмних засобів, на які доцільно орієнтуватися в процесі навчання математики [15]: 1). Педагогічна виваженість та шкільна спрямованість використання компонентів КОМСДН. 2). Методична доцільність використання КОМСДН, що складається з 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. 4). Апаратна невибагливість і програмна сумісність. 5). Наявність ліцензії на використання педагогічного програмного засобу. 6). Надійність та безпека експлуатації в умовах сучасного кабінету інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій [15].

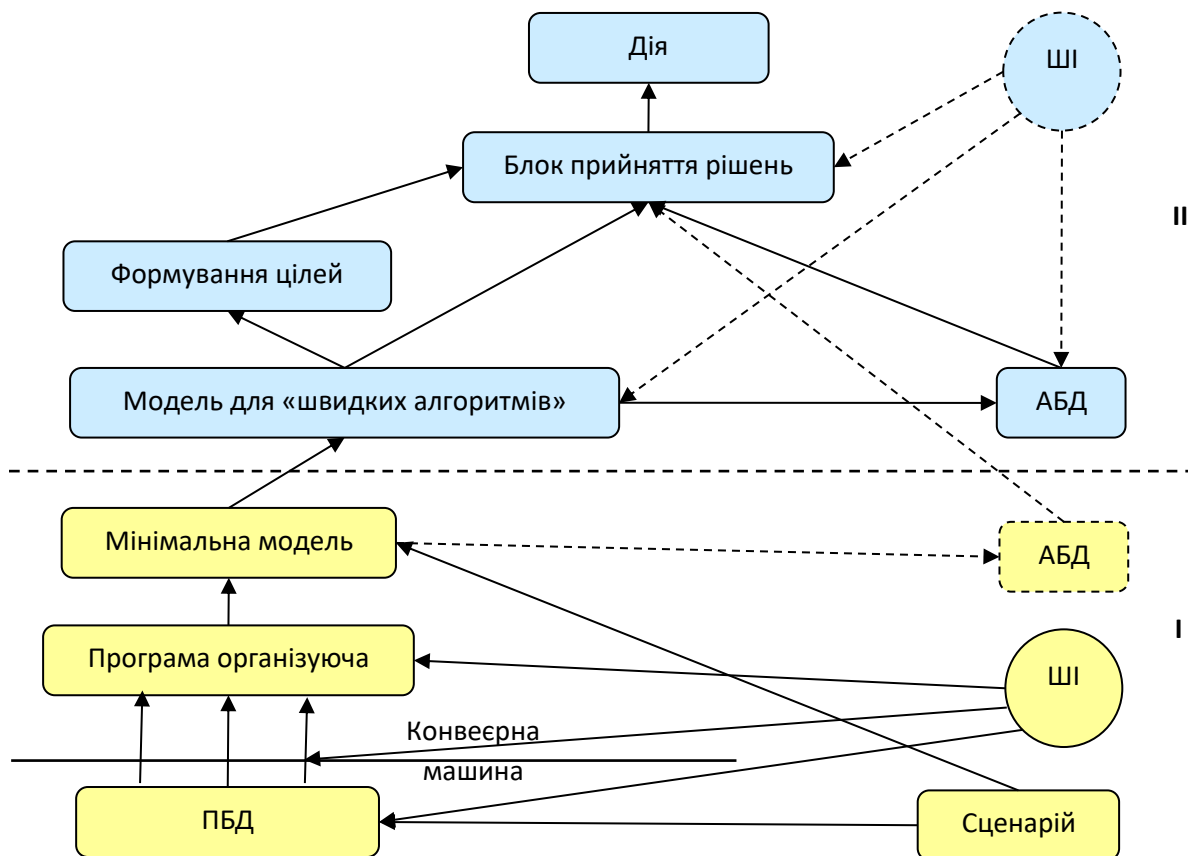


Рис. 1. Схема обчислювальної системи, що використовується для вибору варіанту рішень [20]

I – швидка система «підсвідомість», II – повільна система «свідомість», ШІ – штучний інтелект, ПБД – пасивний банк даних, АБД – активний банк даних

Формування пропонованої концепції [14], [16] 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. 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. Із використанням програми актуалізації знань («тест-корекція»), пропоновану роботу можна організувати. Якщо учень припускається помилки, йому надається корекція [15]. 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 контрприклад* [20].

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. У дослідницькому навчанні математики навчальна та розвивальна функції задач відтворюються з використанням системи дослідницьких задач. До змісту навчання предметів математичного

циклу включено систему дослідницько орієнтованих задач [15], метою якої є сприяння процесу управління формування дослідницької діяльності учнів.

Дослідницько орієнтована система задач відповідає таким вимогам: спрямування на відкриття знань; ґрунтовне осмислення математичних ідей шляхом виведення інтуїтивних міркувань на рівень осмислених логічних процесів з використанням правила-орієнтиру (*передзнання – формалізація знань – постзнання*) [21], забезпечуючи мотивацію переходу; доцільність співвідношення між дослідницькими та логічними компонентами на кожному етапі навчання; забезпечення ґрунтового охоплення дослідницької діяльності [18].

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Доцільно зауважити, що у процесі розв'язування системи дослідницьких задач з математики організовується системний підхід під час творчої діяльності учнів. З метою досягнення дидактичних цілей уроку (актуалізація опорних знань, диференціація процесу засвоєння нових знань, заохочення для кращого сприйняття нового матеріалу, контроль рівня засвоєння знань) та відповідного стимулювання пізнавального інтересу учнів, активізації їх пізнавальної та науково-дослідницької діяльності *дослідницькі задачі використовуються ситуативно*. На цьому етапі рекомендується використовувати компоненти КОМСДН для спрощення процесів адаптації учнів щодо розуміння у застосуванні дослідницьких прийомів [20].

Для заохочення пізнавальної самостійності школярів використовуються відповідні форми організації процесу розв'язування дослідницької задачі. Рекомендується використовувати демонстраційні програми, ігрові програми та програми-тренажери. З метою активізації пізнавальної самостійної діяльності учнів під час послідовного використання усієї методичної (варіативної) моделі із врахуванням *принципу розвитку дослідницької задачі* доцільно використовувати КОМСДН [15], різноманітну динамічну наочність (*GeoGebra, Gran, DG, Derive тощо*). Процес пошуку школярами невідомого продукту діяльності урізноманітнюється проведенням різноманітних графічних експериментів [21]. Розглядається *три рівні сформованості дослідницьких умінь*, на кожному з яких учні отримують допомогу у вигляді розроблених компонентів КОМСДН: *низький* – дії за аналогіями (за зразком), при цьому школярі дуже наближене перенесення і *потребують значної підтримки та допомоги з боку вчителя*. *середній* – учні відсувають нестійкий інтерес до дослідницької діяльності, здійснюють перенесення у схожій ситуації, відповідно, *потребуючи незначної допомоги з боку вчителя (або використання комп'ютерного засобу)*. *високий* – учні відчувають стійкий інтерес до дослідницької діяльності, здійснюючи подальше перенесення (*переважно самостійно*). Рекомендується творче застосування методики, виважену адаптацію її компонентів у відповідності до стилю роботи вчителя, систематичне її вдосконалення. На цьому етапі в учнів з'являється необхідність самостійного пошуку програмних засобів у процесі створення своїх винаходів. Система традиційних методів навчання доповнюється дослідницькими та спеціальними методами. *Дослідницькі методи*, що входять до КОМСДН [15]: *метод гіпотез; метод конструювання понять; метод проб і помилок; прогнозування; синектики; дослідження; запитань; символного і образного бачення; фактів; мозковий штурм тощо*. Крім традиційних, використовуються також різноманітні форми навчання [21]. 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 [14] з використанням окремих дослідницько-дидактичних конструкцій комп'ютерно орієнтованої системи. КОМСДН є комп'ютерно орієнтованою системою, використання якої сприяє формуванню прийомів дослідницької діяльності в процесі навчання учнів математики. Успішне використання пропонованої системи залежить від уміння вчителя здійснювати проектування моделі навчання із дотриманням необхідних умов [15].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Альтшулер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. – 3-е изд., доп. – Петрозаводск:Скандинавия, 2003. – С. 18.
- [2] Коменский Я.А., Локк Д., Руссо Ж.-Ж., Песталоцци И.Г. Педагогическое наследие / Сост. В.М. Кларин, А.Н. Джуринский. – М.: Педагогика, 1989. – С. 68.
- [3] Циолковский К.Э. Очерки о Вселенной. – М.: ПАИМС, 1992. – С. 186.
- [4] Выготский Л. С. Мышление и речь. Изд. 5, испр. – М.: Издательство «Лабиринт», 1999.
- [5] Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. - М.: Политиздат, 1975.
- [6] Рубинштейн С. Л. Проблемы общей психологии. – М.: Педагогика, 1973.
- [7] Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996.
- [8] Шадриков В. Д. Психология деятельности и способности человека: Учебное пособие –М.: Логос, 1996.
- [9] Педагогика. Учебное пособие для студентов педагогических вузов и педагогических колледжей / Под ред. П.И. Пидкасистого. - М.: Российское педагогическое агентство, 1995.
- [10] Педагогика и логика / Г.П. Щедровицкий и др. - М.: Касталь, 1992.
- [11] Шамова Т. И. Активизация учения школьников. – М.: Педагогика, 1982.
- [12] Талызина Н.Ф. Педагогическая психология: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. Заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 1998.
- [13] Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1975. – С. 82.
- [14] 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.
- [15] 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. – 858 с.: іл.
- [16] 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.
- [17] 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. – С. 39-65.
- [18] Гриб'юк О.О. Перспективи впровадження варіативних моделей комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах України / Гриб'юк О.О. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: КПНУ, 2016. – Випуск 22: Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей. – С. 184-190.
- [19] 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.
- [20] Гриб'юк О.О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованої методичної системи дослідницького навчання предметів математичного циклу в школі в *Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2020)»* [Електронне мережне наукове видання]: збірник матеріалів, Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 43-58 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2020_netpub.pdf Дата звернення: Черв. 2020.
- [21] Гриб'юк О.О. Математичне моделювання при навчанні дисциплін математичного та хіміко-біологічного циклів: навчально-методичний посібник для учителів / О.О. Гриб'юк. – Рівне: РДГУ, 2010. – 207 с.

METHODOLOGICAL FEATURES OF THE ORGANIZATION OF RESEARCH TRAINING OF STUDENTS IN THE SUBJECTS OF THE MATHEMATICAL CYCLE WITH PEDAGOGICALLY WEIGHTED USE OF COMPUTER-ORIENTED METHODOLOGICAL SYSTEMS: WE WORK UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

Hrybiuk Olena Oleksandrivna

cand. Sc., PhD, Associate Professor, Leading Researcher,
Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine,
National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0003-3402-0520
olenagrybyuk@gmail.com

Abstract. The study thoroughly presents the possibilities of pedagogical design with pedagogically balanced use of computer oriented methodological systems of research teaching of natural sciences and mathematics in general secondary education in the context of continuity of education. The main purpose of mathematics education is also to develop the ability to mathematically, logically and consciously study the phenomena of the world. The realization of such an idea will be facilitated by solving research tasks in lessons and in extracurricular activities, so the use of research tasks by teachers in lessons is not only desirable, but even necessary element of the educational process. Pedagogically balanced use of COMSRL components in the study is considered in several areas: clarification of the terminological apparatus and mechanisms of the tools, taking into account the system of concepts and statements of the school course of mathematics; expansion of the range of subjects of the mathematical cycle and the system of research problems, calculation and graphic works with pedagogically balanced and methodically motivated use of computer mathematics systems; expanding the opportunities for export and import of educational material in the framework of research training of students; increasing the availability of computer-based methodological systems of research education in terms of different levels of technical support for students. A number of author's designers are offered for the organization of research activity of schoolchildren. The advantages and disadvantages of computer modeling are considered in the context of educational and methodological activities for which they are intended. The materials are intended for teachers, educators, will be useful for teachers and students of pedagogical universities, students of postgraduate pedagogical education and anyone interested in science and mathematics education.

Keywords: teaching mathematics; research problems; computer systems, mathematics; computer-oriented methodological systems of research learning; effective teachers of mathematics; mathematical modeling.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Altshuler G.S. Najti ideyu: Vvedenie v teoriyu resheniya izobretatelskih zadach. – 3-e izd., dop. – Petrozavodsk:Skandnaviya, 2003. – С. 18 [in Russian].
- [2] Komenskij Ya.A., Lokk D., Russo Zh.-Zh., Pestalocci I.G. Pedagogicheskoe nasledie / Sost. V.M. Klarin, A.N. Dzhurinskij. – M.: Pedagogika, 1989. – S. 68 [in Russian].
- [3] Ciolkovskij K.E. Ocherki o Vselennoj. – M.: PAIMS, 1992. – S. 186 [in Russian].
- [4] Vygotskij L. S. Myshlenie i rech. Izd. 5, ispr. – M.: Izdatelstvo «Labirint», 1999 [in Russian].
- [5] Leontev A. N. Deyatel'nost. Soznanie. Lichnost. - M.: Politizdat, 1975 [in Russian].
- [6] Rubinshtejn S. L. Problemy obshej psichologii. – M.: Pedagogika, 1973 [in Russian].
- [7] Davydov V. V. Teoriya razvivayushego obucheniya. – M.: INTOR, 1996 [in Russian].
- [8] Shadrikov V. D. Psihologiya deyatel'nosti i sposobnosti cheloveka: Uchebnoe posobie –M.: Logos, 1996 [in Russian].
- [9] Pedagogika. Uchebnoe posobie dlya studentov pedagogicheskikh vuzov i pedagogicheskikh kolledzhej / Pod red. P.I. Pidkasiyogo. - M.: Rossijskoe pedagogicheskoe agentstvo, 1995 [in Russian].
- [10] Pedagogika i logika / G.P. Shedrovickij i dr. - M.: Kastal, 1992 [in Russian].

- [11] Shamova T. I. Aktivizaciya ucheniya shkolnikov. – M.: Pedagogika, 1982 [in Russian].
- [12] Talyzina N.F. Pedagogicheskaya psihologiya: Ucheb. posobie dlya stud. sred. ped. ucheb. Zavedenij. – M.: Izdatelskij centr «Akademiya», 1998 [in Russian].
- [13] Leontev A. N. Deyatelnost. Soznanie. Lichnost. – M.: Politizdat, 1975. – S. 82 [in Russian].
- [14] 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. [in English].
- [15] Hrybiuk O.O. *Doslidnytske navchannia uchniv predmetiv pryrodnycho-matematychnoho tsyklu z vykorystanniam kompiuterno oriietovanykh metodychnykh system [Research Studying of Students of the Subjects of the Natural and Mathematical Cycle Using Computer-Oriented Methodological Systems]*: monohrafiia. Kyiv: NPU imeni M. P. Drahomanova, 2019 [in Ukrainian].
- [16] 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 [in English].
- [17] Hrybiuk O.O. The Variativ Model for Research Training for Math Students using Computer-oriented Methodical System. *Information Technologies and Learning Tools*. (Vol 77. No 3. 2020. pp. 39-65) [in Ukrainian].
- [18] Hrybiuk O.O. Perspektyvy vprovadzhennia variativnykh modelei kompiuterno oriietovanoho seredovyscha navchannia predmetiv pryrodnycho-matematychnoho tsyklu u zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladakh Ukrainy [Prospects of Introduction of Variational Models of Computer-Oriented Environment for Teaching Subjects of the Natural and Mathematical Cycle in Secondary Schools of Ukraine]: zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriia pedahohichna / redkol.: P.S. Atamanchuk. (Vypusk 22: Dydaktychni mekhanizmy diievoho formuvannia kompetentnisnykh yakosti maibutnikh fakhivtsiv fizyko-tekhnologichnykh spetsialnostei, 2016. pp. 184-190). Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka [in Ukrainian].
- [19] 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 [in English].
- [20] Hrybiuk O.O. Pedahohichne proektuvannia kompiuterno oriietovanoi metodychnoi systemy doslidnytskoho navchannia predmetiv matematychnoho tsyklu v shkoli v Materialy mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii «Problemy vyshchoi matematychnoi osvity: vyklyky suchasnosti (2020)» [Elektronne merezhne naukowe vydannia]: zbirnyk materialiv, Vinnytsia: VNTU, 2020. S. 43-58 [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2020_netpub.pdf Data zvernennia: Cherv. 2020 [in Ukrainian].
- [21] Hrybiuk O.O. Matematychni modeliuvannia pry navchanni dystsyplin matematychnoho ta khimiko-biolohichnoho tsykliu [Mathematical Modeling in the Teaching of the Disciplines of Mathematical and Chemical-Biological Cycles]: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia uchyteliv . Rivne: RDHU, 2019 [in Ukrainian].