КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНА МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

COMPUTER-ORIENTED METHOD OF IMPLEMENTING THE PROBLEM-BASED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' MATHEMATICAL COMPETENCE

УДК 378.147:51
DOI https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/62.2.3

Семенець С.П.,
докт. пед. наук, професор,
професор кафедри комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Семенець Л.М.,
канд. пед. наук,
доцент кафедри інженерії програмного забезпечення
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Головня Р.М.,
ст. викладач кафедри інженерії програмного забезпечення
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Луцик О.М.,
аспірантка кафедри алгебри і геометрії
Житомирського державного університету імені Івана Франка

Із погляду теорії і практики освіти на часі дослідження, в яких студіюється природа математичної компетентності здобувачів освіти, науково переосмислюються методологічні засади, що забезпечують розвиток названої інтегральної характеристики якості особистості. До проблемного поля дослідження віднесено реалізацію задачного підходу до розвитку математичної компетентності як наукового підґрунтя для розроблення інноваційної методики навчання. Насправді дотепер недостатньо розробленою є методика реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти в умовах комп'ютерної підтримки.

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробленні та запровадженні комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти.

До теоретичних основ представленої роботи віднесено положення про задачний підхід до планування, організації, розвитку та діагностики компетентнісної навчально-математичної діяльності здобувачів освіти в умовах комп'ютерної підтримки; створення в комп'ютерно орієнтованому навчанні зон найближчого математичного розвитку здобувачів освіти; провідну роль теоретичних знань, обґрунтованість способів дій у комп'ютерно орієнтованому навчанні математики; використання комп'ютерного моделювання після того, як побудовано математичну модель; зорієнтованість на розуміння (осмислення) математичного матеріалу, створення графічних інтерпретацій математичних понять, відношень і тверджень (аксіом і теорем); дотримання психолого-педагогічних передумов розвитку математичної компетентності здобувачів освіти в комп'ютерно орієнтованому навчанні математики; створення інформаційно-комунікаційного середовища, що передбачає реалізацію в навчанні математики трисуб'єктної взаємодії: педагог ↔ здобувач освіти ↔ ІКТ.

Розроблена методика включає п'ять етапів: І етап – мотиваційний; ІІ етап – математичного та комп'ютерного моделювання; ІІІ етап – навчального моделювання; ІV етап – реалізації навчальної моделі; V етап – аналітичний і прогностичний. Визначена етапність передбачає проведення комп'ютерних навчальних експериментів, формулювання евристичних та алгоритмічних приписів, насправді забезпечує актуалізацію як зовнішніх вимірів математичної компетентності – змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного, так і внутрішніх її вимірів – ціннісно-мотиваційного, рефлексивно-оцінного, особистісно-психологічного.

Ключові слова: *математична компетентність, задачний підхід, здобувачі освіти, методика розвитку, комп'ютерна підтримка.*

From the point of view of the theory and practice of education, the research, in which the nature of the students' mathematical competence is studied, and the methodological principles that ensure the development of the named integral characteristic of the personality is of current interest. The problem field of research includes the implementation of a problem-based approach to the development of mathematical competence as a scientific basis for the development of innovative teaching methods. In fact, the method of implementing a problem-based approach to the development of the mathematical competence of students in the conditions of computer support has not been sufficiently developed until now.

The purpose of the work is the theoretical substantiation, development and implementation of a computer-oriented methodology for the implementation of a problem-based approach to the development of the students' mathematical competence.

The theoretical foundations of the presented work include the regulation on the problem-based approach to the planning, organization, development and diagnosis of the students' competence-based educational and mathematical activities in the conditions of computer support; creation of the zones of the students' closest mathematical development; the leading role of theoretical knowledge, the validity of methods of action in computer-oriented teaching of mathematics; using computer simulation after the mathematical model has been built; focus on understanding mathematical material, creating graphic interpretations of mathematical concepts, relations and statements (axioms and theorems); observance of psychological and pedagogical prerequisites for the development of the students' mathematical competence in computer-oriented mathematics education; creation of an information and communication environment, which involves the implementation of three-subject interaction in the teaching of mathematics: teacher ↔ student ↔ ICT. The developed technique includes five stages: I stage is motivational; II stage – mathematical and computer modeling; III stage – educational modeling; IV stage – implementation of the educational model; V stage – analytical and prognostic. The determined staging involves conducting computer training experiments, formulating heuristic and algorithmic prescriptions, in fact ensures the actualization of both external dimensions of mathematical competence – content-theoretical, procedural-active, referential-communicative, and its internal dimensions – value-motivational, reflective-evaluative, personal and psychological.

Key words: *mathematical competence, problem-based approach, students, mathematical development, computer support.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Запровадження сучасної компетентнісної моделі освіти передбачає розвиток у молодого покоління компетентностей, що відповідають сучасним європейським соціальним запитам і забезпечують навчання впродовж життя. Чільне місце в системі компетентностей займає математична компетентність як інтегрована характеристика якості особистості, яка вможливлює пізнання світу методами і засобами математики, застосування математичного інструментарію в реальному житті. Із погляду теорії і практики освіти на часі вирішення наукової проблеми щодо розроблення й теоретичного обґрунтування методики розвитку математичної компетентності здобувачів освіти.

Донині залишається актуальним питання про розвиток математичної компетентності здобувачів освіти на засадах задачного підходу, що передбачає сукупність способів планування, організації, розвитку та діагностики навчально-математичної діяльності задля досягнення названої цілі. Суперечності між загальновизнаним задачним підходом до організації навчально-математичної діяльності та відсутністю науково обґрунтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти зумовлюють актуальність порушеної в дослідженні проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дидактично виваженого використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в навчанні математики перебувають у полі зору науковців. Вони студіюються М. І. Жалдаком і О. В. Вітюком [1], Ю. В. Горошком і Є. Ф. Вінниченком [2], В. В. Корольським, Т. Г. Крамаренко, С. О. Семеріковим і С. В. Шокалюк [3], Н. В. Морзе і С. М. Співак [4], С. А. Раковим [5], В. М. Ракутою [6], О. В. Семеніхіною [9], Ю. В. Триусом [10]. На основі теорії задач розвивальної математичної освіти розроблено та запроваджено комп'ютерно орієнтовану методику розвитку математичних здібностей здобувачів освіти в процесі вивчення математичного аналізу [7; 8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У рамках окресленої загальної науково-методичної проблеми на часі розроблення комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробленні та запровадженні комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифровізація освіти, що виявляється в стрімкому розвитку й поширенні в навчальному процесі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), зумовлює необхідність висвітлення теоретичних засад комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти. У дослідженні до теоретичних засад відносимо такі положення:

1. Задачний підхід до планування, організації, розвитку та діагностики компетентнісної навчально-математичної діяльності в умовах комп'ютерної підтримки. Запровадження такого підходу забезпечує розвиток як зовнішніх вимірів математичної компетентності (змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного), так і внутрішніх її вимірів (ціннісно-мотиваційного, рефлексивно-оцінного, особистісно-психологічного).

2. Створення в комп'ютерно орієнтованому навчанні зон найближчого математичного розвитку здобувачів освіти. Такі зони передбачають розв'язування компетентнісних задач із математики (базових, навчальних, навчально-теоретичних, навчально-дослідницьких) в умовах використання педагогічних програмних засобів (ППЗ).

3. Провідна роль теоретичних знань, обґрунтованість способів дій у комп'ютерно орієнтованому навчанні математики. Це передбачає пошук відповіді на питання: як діяти? чому так діяти? для чого діяти?

4. Використання комп'ютерного моделювання після того, як побудована математична модель. Зорієнтованість на розуміння (осмислення) математичного матеріалу Створення графічних інтерпретацій математичних понять, відношень і тверджень (аксіом і теорем).

5. Дотримання психолого-педагогічних передумов розвитку математичної компетентності здобувачів освіти в комп'ютерно орієнтованому навчанні математики.

6. Створення інформаційно-комунікаційного середовища (суб'єкта освітнього процесу), що передбачає реалізацію в навчанні математики трисуб'єктної взаємодії: *педагог ↔ здобувач освіти ↔ ІКТ.*

Для навчання математики створено достатню кількість комп'ютерних програм. До критеріїв вибору ППЗ відносимо: легкість встановлення на будь-який пристрій із невеликою потужністю; простота в користуванні та відсутність потреби в спеціальній підготовці; зручний інтерфейс; достатньо великий діапазон функцій; можливість швидкої, наочної й правильної геометричної інтерпретації; контекстно-інформаційна допомога (при наявності в цьому потреби); можливість створення динамічних («живих») рисунків; відповідність віковим особливостям здобувачів освіти.

Серед низки ППЗ, які використовуються в навчанні математики (GRAN1, GRAN2D, GRAN3D, DG, Derive, Eureka, MathCad, Matlab, Maple, Mathematica, MuPad, Maxima, Scilab, Trageal, Calculus, Geometry-A, GeoGebra, AlGebra та інші) виокремлюємо програму «GeoGebra». GeoGebra – програмне забезпечення,

що дає можливість створення динамічних («живих») креслень для використання на різних рівнях навчання математики. Її перевагою є можливість покрокової побудови фігур, ілюстрації динаміки властивостей графіка. Можливість анімовано змінювати координати точок дозволяє фігурі нібито «ожити» на моніторі, змінити її зображення. Програма є вільно поширювана, має багатий математичний інструментарій, дозволяє створювати динамічні креслення, геометричні моделі, надає широкі можливості для роботи з функціями, анімаційного представлення комп'ютерних моделей. У сучасному освітньому просторі найбільш популярною є версія GeoGebra 5.0.

Комп'ютерно орієнтована методика передбачає таку етапність:

І етап *(мотиваційний)* На першому етапі формулюються та розв'язуються задачі, що передбачають застосування засвоєних способів дій, актуалізацію набутих математичних компетенцій в умовах комп'ютерної підтримки. З погляду психології тут забезпечується процес екстеріоризації. Навчання організовується в зоні актуального математичного розвитку здобувачів освіти, в них виникає почуття спроможності діяти, бути успішними.

ІІ етап *(математичного й комп'ютерного моделювання).* Тут формулюється прикладна задача з математики, що передбачає вивчення нового матеріалу: введення і формування математичного поняття; формулювання і доведення теореми; засвоєння способу розв'язування нового типу задач. Застосовується метод математичного моделювання, створюється математична модель і реалізується комп'ютерне моделювання. Навчання здійснюється в базовій зоні найближчого математичного розвитку здобувачів освіти. На цьому ж етапі формулюються базова компетентнісна задача, що передбачає рефлексії з таких питань: як діяти під час застосування методу математичного моделювання? як діяти в ході розв'язування математичної задачі? чому саме так діяти? для чого це потрібно?

ІІІ етап *(навчального моделювання).* Послуговуючись принципом змістового узагальнення, на третьому етапі формулюються і розв'язуються навчальні (навчально-теоретичні) задачі. Метод навчального моделювання забезпечує побудову узагальненого способу дій у процесі розв'язування типових задач, його зміст складають евристичні та алгоритмічні приписи для застосування в задачних ситуаціях нового типу.

ІV етап *(реалізації навчальної моделі)*. Тут втілюється логіка сходження від загального до часткового, превалюють дедуктивні міркування. Забезпечується реалізація створеної на попередньому етапі навчальної моделі. Важливого значення набуває добірка двох типів задач: прикладних задач на застосування методів математичного й комп'ютерного моделювання; математичних задач на застосування алгоритму їх розв'язування в умовах комп'ютерної підтримки.

V етап (*аналітичний і прогностичний).* Виконуються аналіз, контроль, корекція та оцінка компетентнісної навчально-математичної діяльності здобувачів освіти в умовах комп'ютерної підтримки. Змістовий аналіз попередніх етапів у контексті результатів розв'язування компетентнісних задач, зон актуального математичного розвитку здобувачів освіти. Планування подальшої компетентнісної навчально-математичної діяльності, добір відповідних ППЗ.

Наведемо приклад використання «GeoGebra» під час вивчення теми «Перетворення графіків функцій».

І етап *(мотиваційний)*. Використовуючи середовище «GeoGebra», здобувачі освіти вивчають геометричні перетворення графіка функції $y = x^2$.

Пропонується побудувати графіки таких функцій: $y = x^2;\ y = x^2 - 2; y = (x+3)^2; y = (x-5)^2; y = (x+3)^2 + 1$ (рис. 1).

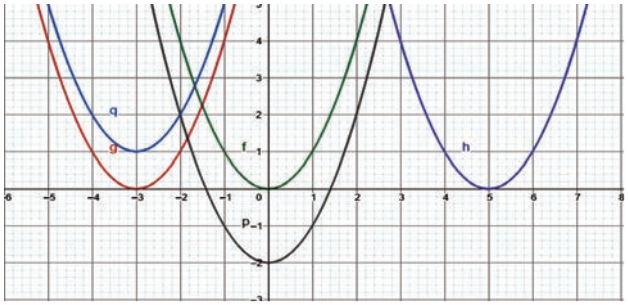

Рис. 1. Перетворення графіків: паралельне перенесення

Успішно з цим впоравшись, здобувачі освіти з'ясовують, що для побудови графіків функцій потрібно виконати паралельне перенесення графіка функції $y = x^2$:

графік функції $y = x^2 - 2$ отримується в результаті паралельного перенесення вздовж осі ординат на 2 одиниці вниз;

графік функції $y = (x+3)^2$ отримується в результаті паралельного перенесення вздовж осі абсцис на 3 одиниці вліво;

графік функції $y = (x-5)^2$ отримується в результаті паралельного перенесення вздовж осі абсцис на 5 одиниць управо;

графік функції $y = (x+3)^2 + 1$ отримується в результаті двох паралельних перенесень – паралельного перенесення вздовж осі абсцис на 3 одиниці вліво і паралельного перенесення вздовж осі ординат на одиницю вгору.

Далі пропонується побудувати графіки таких функцій:

$$y = \sqrt{x}; y = 3\sqrt{x}; y = \sqrt{3x}; y = \frac{1}{2}\sqrt{x}; y = \sqrt{\frac{1}{2}x}; y = 3\sqrt{\frac{1}{2}x}$$

(рис. 2).

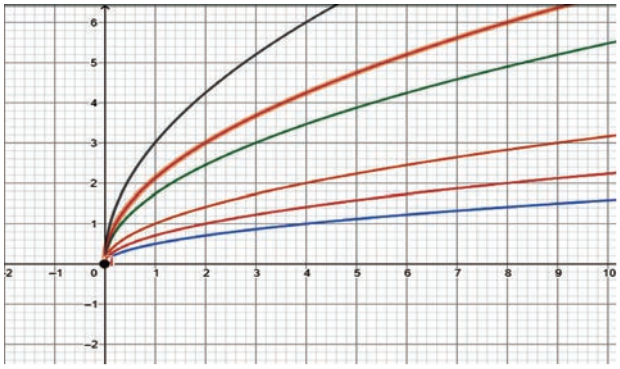

Рис. 2. Перетворення графіків: ортогональне стискання (розтягнення)

Здобувачі освіти з'ясовують, що для побудови графіків функцій потрібно виконати ортогональні стискання або розтягнення графіка функції $y=\sqrt{x}$:

графік функції $y=3\sqrt{x}$ отримується в результаті ортогонального розтягнення в 3 рази від осі абсцис;

графік функції $y=\sqrt{3x}$ отримується в результаті ортогонального стискання в 3 рази до осі ординат;

графік функції $y=\frac{1}{2}\sqrt{x}$ отримується в результаті ортогонального стискання в 2 рази до осі абсцис;

графік функції $y=\sqrt{\frac{1}{2}x}$ отримується в результаті ортогонального розтягування в 2 рази від осі ординат;

графік функції $y=3\sqrt{\frac{1}{2}x}$ отримується в результаті ортогонального розтягнення в 3 рази від осі абсцис та ортогонального розтягнення в 2 рази від осі ординат.

Опісля будуються графіки таких функцій: $y=x^2; y=\sqrt{x}; y=3\sqrt{\frac{1}{2}x}; y=-x^2; y=\sqrt{-x}; y=-3\sqrt{-\frac{1}{2}x}$ (рис. 3).

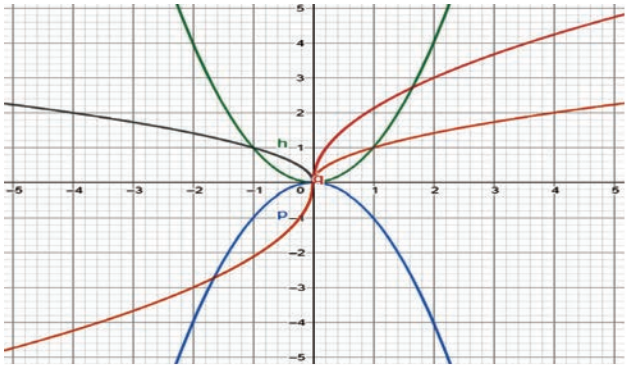

Рис. 3. Перетворення графіків: відбиття (осьова симетрія)

За допомогою евристичної бесіди з'ясовується, що графіки трьох останніх функцій отримуються методом осьової симетрії (відбиття): відносно осі абсцис, осі ординат, відносно осі абсцис та осі ординат відповідно.

Задача. Земельні наділи мають форму прямокутника, ширина якого на 6 м менша від довжини. Запишіть залежність площі ділянки від її довжини. Побудуйте графік залежності площі ділянки від її довжини.

II етап *(математичного й комп'ютерного моделювання).* Задача передбачає математичне моделювання, що реалізовується в умовах навчального діалогу. За колективних форм роботи будується математична модель: x – довжина земельної ділянки

$S(x)=x\cdot(x-6)=x^2-6x$, де $x>6$.

$S(x)=x^2-6x=x^2-2\cdot3x+9-9=(x-3)^2-9$.

Будується графік такої функції, правильність побудови перевіряється програмою «GeoGebra».

Далі формулюються базова компетентнісна задача, що передбачає рефлексії здобувачів освіти з таких питань: як діяти під час моделювання задачної ситуації? як діяти в ході розв'язування математичної задачі (побудови графіка)? чому саме так діяти? для чого це потрібно?

III етап *(навчального моделювання).* За результатами навчально-математичної діяльності в умовах підтримки «GeoGebra» розв'язується навчальна задача: як будувати графік функції $y=$cf(kx+a)+b, використовуючи графік $y=f(x)$?

Створюється навчальна модель:

1. $y=f(kx)$.

1.1. $0<k<1$, то ортогональне розтягнення графіка в $\frac{1}{k}$ разів від осі ординат;

1.2. $k>1$, то ортогональне стискання графіка до осі ординат;

1.3. $k=-1$, то симетричне відбиття графіка від осі ординат;

1.4. $k<-1$, то ортогональне стискання в $|k|$ разів та відбиття від осі ординат;

1.5. $-1<k<0$, то ортогональне розтягнення графіка в $\frac{1}{|k|}$ разів та симетричне відбиття від осі ординат.

2. $y=f(\mathrm{kx}+a)$.

2.1. $a<0$, то паралельне перенесення графіка $y=f(\mathrm{kx})$ вправо на $|a|$ одиниць.

2.2. $a>0$, то паралельне перенесення графіка $y=f(\mathrm{kx})$ вліво на a одиниць.

3. $y=cf(kx+a)$.

3.1. $c>1$, то ортогональне розтягнення графіка $y=f(\mathrm{kx}+a)$ від осі абсцис в c разів;

3.2. $0<c<1$, то ортогональне стискання графіка $y=f(\mathrm{kx}+a)$ до осі абсцис в $\frac{1}{c}$ разів;

3.3. $c=-1$, то симетричне відбиття графіка $y=f(\mathrm{kx}+a)$ відносно осі абсцис;

3.4. $c<-1$, то ортогональне розтягнення графіка $y=f(\mathrm{kx}+a)$ від осі абсцис в $|c|$ разів та симетричне відбиття відносно осі абсцис;

3.5. $-1 < c < 0$, то ортогональне стискання графіка $y = f(\text{k}x + a)$ до осі абсцис в $\frac{1}{|c|}$ разів та симетричне відбиття відносно осі абсцис.

4. $y = \text{c}f(\text{k}x + a) + b$.

4.1. $b < 0$, то паралельне перенесення графіка $y = cf(kx + a)$ вздовж осі ординат на $|b|$ одиниць вниз;

4.2. $b > 0$, то паралельне перенесення графіка $y = cf(kx + a)$ вгору на b одиниць.

Далі формулюється навчальна компетентнісна задача, що передбачає осмислені відповіді здобувачів освіти на такі питання: як діяти під час побудови графіків функцій? чому саме так діяти? для чого це потрібно?

IV етап *(реалізації навчальної моделі).* Тут забезпечується реалізація навчальної моделі побудови графіків функцій. Добираються задачі двох типів: прикладні задачі, що передбачають створення математичних моделей – функцій; задачі на побудову графіків функцій. Акцентується увага на контролі та корекції дій, здійснюється перевірка сформованості навичок і вмінь за допомогою програми «GeoGebra».

Окрему категорію складають задачі, для яких використання «GeoGebra» відіграє евристичну роль, створює підґрунтя для ага-переживань як актів творчої діяльності. Наведемо приклад.

Задача. Знайти периметр фігури, що визначається рівнянням: 1) $|y - x| + |y + x| = 3$; 2) $|y - x| + |y + x| = 6$; 3) $|y - x| + |y + x| = 9$; 4) $|y - x| + |y + x| = a, a > 0$ (рис. 4).

На цьому ж етапі формулюються навчальна компетентнісна задача, що передбачає осмислені індивідуальні відповіді здобувачів освіти на такі питання: як діяти? чому саме так діяти? для чого це потрібно?

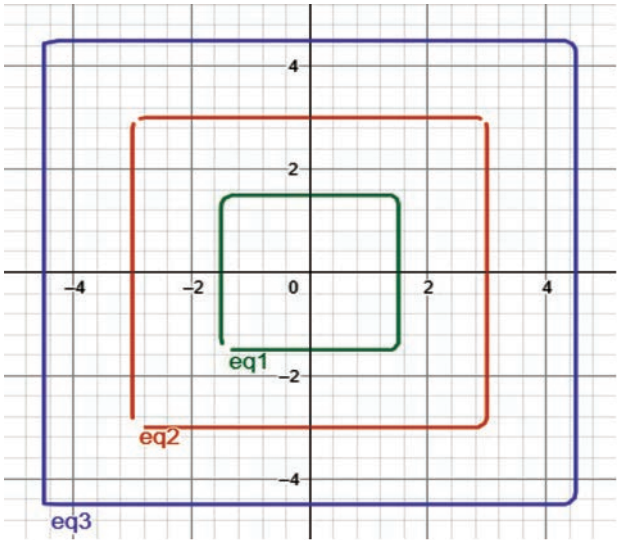

Рис. 4. Знайти периметр фігури

V етап (*аналітичний і прогностичний).* Виконуються аналіз, контроль, корекція та оцінка засвоєння здобувачами освіти геометричних перетворень графіків функції. Змістовий аналіз попередніх етапів у контексті результатів розв'язування компетентнісних задач і зон актуального математичного розвитку здобувачів освіти. З використанням середовища «GeoGebra» планується вивчення побудов графіків функцій, що містять знак абсолютної величини: $y = f(|x|)$, $y = |f(x)|$, $y = |f(|x|)|$, $|y| = f(x)$, $|y| = |f(x)|$.

Висновки. Підсумовуючи вищезазначене, формулюємо такі висновки:

1. До теоретичних засад комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності віднесено положення про задачний підхід до планування, організації, розвитку та діагностики компетентнісної навчально-математичної діяльності здобувачів освіти в умовах комп'ютерної підтримки; створення в комп'ютерно орієнтованому навчанні зон найближчого математичного розвитку здобувачів освіти; провідну роль теоретичних знань, обґрунтованість способів дій у комп'ютерно орієнтованому навчанні математики; використання комп'ютерного моделювання після того, як побудовано математичну модель; зорієнтованість на розуміння (осмислення) математичного матеріалу, створення графічних інтерпретацій математичних понять, відношень і тверджень (аксіом і теорем); дотримання психолого-педагогічних передумов розвитку математичної компетентності здобувачів освіти в комп'ютерно орієнтованому навчанні математики; створення інформаційно-комунікаційного середовища, що передбачає реалізацію в навчанні математики трисуб'єктної взаємодії: педагог ↔ здобувач освіти ↔ ІКТ.

2. Розроблена методика включає п'ять етапів: І етап – мотиваційний; ІІ етап – математичного та комп'ютерного моделювання; ІІІ етап – навчального моделювання; ІV етап – реалізації навчальної моделі; V етап – аналітичний і прогностичний.

3. Визначена етапність передбачає проведення комп'ютерних навчальних експериментів, формулювання евристичних і алгоритмічних приписів, розв'язування компетентнісних задач, вона насправді забезпечує актуалізацію як зовнішніх вимірів математичної компетентності – змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного, так і внутрішніх її вимірів – ціннісно-мотиваційного, рефлексивно-оцінного, особистісно-психологічного.

Експериментальній перевірці ефективності комп'ютерно орієнтованої методики реалізації задачного підходу до розвитку математичної компетентності здобувачів освіти будуть присвячені наші подальші дослідження.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Жалдак М. І., Вітюк О. В. Комп'ютер на уроках геометрії: посіб. для вчителів. Київ, 2004. 168 с.

2. Жалдак М. І., Горошко Ю. В., Вінниченко Є. Ф. Математика з комп'ютером: посіб. для вчителів. Київ, 2015. 313 с.

3. Крамаренко Т. Г., Корольський В. В., Семеріков С. О., Шокалюк С. В. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навчальний посібник. Вид. 2, перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2019. 444 с.

4. Морзе Н. В., Співак С. М. Формування сучасного хмароорієнтованого персоналізованого освітнього середовища враховуючи ІКТ-компетентність учасників навчального процесу. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2017. № 3. С. 274-282.

5. Раков С. А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ: монографія. Харків: Факт, 2005. 360 с.

6. Ракута В. М. Система динамічної математики GEOGEBRA як інноваційний засіб вивчення математики. Інформаційні технології і засоби навчання. 2012. №4 (30). С. 101-103.

7. Семенець С. П., Семенець Л. М., Давидчук С. П., Чугунова О. В. Комп`ютерно орієнтована методика розвитку математичних здібностей здобувачів освіти в процесі вивчення математичного аналізу // Інноваційна педагогіка. Науковий журнал. Видавничий дім "Гельветика", 2022. Вип. 45. С. 111-117.

8. Семенець С. П. Теорія задач розвивальної математичної освіти // Дидактика математики: проблеми і дослідження: Міжнар. зб. наук. робіт. Вип. 30. Донецьк: ДонНУ, 2008. С. 130-134.

9. Семеніхіна О. В. Інструментарій програми GeoGebra 5.0 і його використання для розв'язування задач стереометрії. Інформаційні технології і засоби навчання, 2014. Т. 44, вип. 6. С. 124-133.

10. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики: монографія. Черкаси: Брама-Україна, 2005. 400 с.