

**Микола КОЗЯР,**

доктор педагогічних наук, професор,  
завідувач кафедри теоретичної механіки,  
інженерної графіки та машинознавства  
Національного університету водного  
господарства та природокористування, м. Рівне

**Олексій ПАРФЕНЮК,**

старший викладач кафедри  
теоретичної механіки, інженерної графіки  
та машинознавства  
Національного університету водного  
господарства та природокористування, м. Рівне

## ЧОТИРИВИМІРНА ГРАФІКА ЯК НОВИЙ ЕТАП ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*У статті встановлено, що вивчення на високому рівні принципів дії і конструкцій технічних об'єктів становить для здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей значні труднощі та таким чином зменшує їх мотивацію до навчання. Наведено та проаналізовано складові комп'ютерної графіки, їх види і класи. Подано авторське визначення терміна «чотиривимірна графіка».*

**Ключові слова:** здобувач вищої освіти, графічна підготовка, комп'ютерна графіка, 2D, 3D, 4D.

*В статті встановлено, что изучение принципов действия и конструкций технических объектов на высоком уровне представляет для соискателей высшего образования технических специальностей значительные трудности и таким образом уменьшает их мотивацию к обучению. Приведены и проанализированы составляющие компьютерной графики, их виды и классы. Представлено авторское определение термина «четырёхмерная графика».*

**Ключевые слова:** соискатель высшего образования, графическая подготовка, компьютерная графика, 2D, 3D, 4D.

*The current level of informatization of society, the growth of information flows, the widespread introduction of information technologies in all spheres of human activity, place new demands on the nature and level of education of the future specialist. In spite of the high functionality of computer equipment and telecommunication facilities, it is necessary to create new educational technologies of training of future specialists using the didactic capabilities of modern computer equipment, and in particular computer graphics. The use of computer graphics in the educational process of a higher education institution is devoted to a considerable amount of work, which deals with various aspects of training of future specialists in technical specialties. At the same time,*

*however, the term «four-dimensional graphics» is hardly covered in the scientific work on the features of computer graphics in the educational process, with the focus mostly on computer animation.*

*The authors of the article reveal the components of computer graphics, their types (raster, vector, fractal and three-dimensional) and classes (engineering, business, scientific and illustrative), perform the analysis of scientific terms («computer graphics», «four-dimensional objects», «four-dimensional space», «four-dimensional graphics», and «computer animation».*

*It is important for those who have a technical education degree to acquire the skills of creating not only a three-dimensional model of a part, but also being able to model a mechanism that consists of a certain number of parts. However, a static model of the mechanism usually does not provide a complete understanding of the principle of its operation. To create a dynamic model of the three-dimensional mechanism, it is necessary to use the fourth dimension - time. The dynamic model will give a complete understanding of the principle of operation of the mechanism as a whole. 4D graphics provide an additional layer of information available about the visual process. The author defines the term «four-dimensional graphics» as a set of techniques and tools (software, hardware) designed to display movement (movement) and the interaction of three-dimensional objects in time.*

**Key words:** applicant for higher education; graphic preparation; computer graphics; 2D; 3D; 4D.

**Постановка проблеми.** Професійна підготовка здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей ґрунтується на вихідних теоретичних положеннях, вимогах та загальних закономірностях, урахування яких необхідне для підвищення ефективності освітнього процесу. Однією з таких вимог, що висуваються до організації освітнього процесу здобувачів вищої освіти, є підготовка фахівця, здатного самостійно

отримувати знання і застосовувати способи виконання професійної діяльності в сучасних соціально-економічних умовах. У зв'язку з цим виникають нові вимоги й до технічних фахівців, бо від рівня та якості їхньої освіти значною мірою залежить майбутнє України. Таким чином, кардинальний перегляд усіх складових технічної освіти – це безумовна необхідна вимога часу.

**Аналіз наукових досліджень і публікацій.** Сучасні світові тенденції розвитку комп'ютерної графіки (*далі – КГ*) диктують нові умови підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей закладів вищої освіти (*далі – ЗВО*). Вітчизняна технічна освіта не завжди відповідає міжнародним вимогам і стандартам, які висуваються до майбутніх фахівців різних галузей господарювання. Зважаючи на це, основною метою на даному етапі розвитку сучасної вітчизняної освіти є оновлення та покращення рівня якості графічної підготовки майбутнього фахівця. Завдяки сучасним засобам комп'ютерної графіки, зокрема системам автоматизованого проектування (*далі – САПР*), можна значно покращити професійну підготовку майбутніх фахівців. Активне застосування КГ в усіх сферах суспільного життя та в сучасних галузях виробництва є важливою вимогою сьогодення.

Питанням використання комп'ютерної графіки в освітньому процесі закладу вищої освіти присвячено значну кількість праць, в яких розглядаються різноманітні аспекти підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей. У різні роки проблеми застосування САПР у навчальному процесі ЗВО розглядали не лише вітчизняні (В. Бойко, Р. Горбатюк, О. Джеджула, М. Козяр, І. Нищак, Г. Райковська, М. Юсупова та ін.), а й зарубіжні вчені (Т. Кайгородцева, І. Смирнова, М. Романкова, В. Рукавішніков, Н. Федотова, Т. Чемоданова, О. Хейфец, та ін.). Проведені нами дослідження значною мірою розкрили дидактичний потенціал комп'ютерної графіки в навчанні здобувачів вищої освіти. Однак водночас у наукових працях, присвячених особливостям застосування комп'ютерної графіки в освітньому процесі (О. Алексєєв, М. Коротун, Д. Требухов та ін.), майже не розглядається термін «чотиривимірний графіка», при цьому здебільшого увага акцентується на комп'ютерній анімації.

**Мета статті** – охарактеризувати чотиривимірну графіку та її роль у підготовці майбутніх здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей.

**Виклад основного матеріалу.** Державний стандарт України поняття «комп'ютерна графіка» визначає як сукупність методів і способів перетворення даних за допомогою комп'ютера у графічне зображення та, відповідно, графічного зображення – у дані (ДСТУ 2939-94 «Система оброблення інформації. Комп'ютерна графіка. Терміни та визначення»). При цьому в технічній літературі з графічних дисциплін зазначено, що «комп'ютерна графіка – це сукупність технічних, програмних, мовних засобів і методів зв'язку користувача з ЕОМ на рівні зорових образів під час розв'язання різних класів задач» [15]. КГ є багатифункціональною складовою графічно-інформаційних технологій, найлегше сприймається, найшвидше обробляється (в інформаційному плані) й засвоюється людиною та, що найважливіше, – повною мірою відповідає природним психологічним особливостям сприйняття людиною навколишнього середовища. Дещо ширше визначення означеного терміна подається в роботі А. Батракова, В. Іванова та Г. Поліщука [9].

Його суть зводиться до того, що комп'ютерна графіка – це наука про математичне моделювання геометричних форм та образів об'єктів, а також методів їх візуалізації. Вона є частиною прикладної інформатики.

Отже, комп'ютерна графіка – це розділ інформатики, який вивчає методи цифрового синтезу та обробки візуального контенту; зображення, анімації, що створюються, перетворюються, оцифровуються, обробляються і виводяться засобами обчислювальної техніки, зокрема й апаратними (монітор, принтер, плотове та інші) та програмними [7].

На сьогодні можна виокремити чотири основних базових класи комп'ютерної графіки: інженерну, ділову, наукову та ілюстративну. Також розрізняють такі її чотири види: растрова, векторна, фрактальна та тривимірна. Растрова, векторна та фрактальна графіка відрізняються між собою принципами формування зображення під час відображення на екрані монітора або при друці на папері.

Варто зауважити, що для нашого дослідження важливе значення має *конструкторська графіка*, яка використовується в роботі майбутніх технічних фахівців – конструкторів та винахідників нових технічних об'єктів (машин, механізмів та ін.). Цей вид КГ є обов'язковим елементом САПР. Засобами конструкторської графіки можна отримувати як плоскі зображення (проекції, перерізи), так і просторові тривимірні зображення. Тобто йдеться про двовимірну та тривимірну графіку.

Двовимірний графіка (*від англ. 2D – Two dimensions – «два виміри»*) – це зображення на площині, що має довжину і ширину. Двовимірний КГ класифікується за типом представлення графічної інформації та наступними з нього алгоритмами обробки зображень. У двовимірній графіці використовують векторну і растрову графіку.

У растровій графіці всяке зображення розглядається як сукупність точок різного кольору. Натомість у векторній графіці зображення є сукупністю простих елементів: прямих ліній, дуг, кіл, еліпсів, прямокутників, зафарбовуваних тощо, які називаються графічними примітивами [11].

Тривимірний графіка (*від англ. 3D – Three dimensions – «три виміри»*) оперує з об'єктами в тривимірному просторі. Зазвичай результати являють собою плоску картинку, проекцію. Тривимірний комп'ютерна графіка широко використовується в графічному технічному моделюванні.

У тривимірній комп'ютерній графіці всі об'єкти здебільшого є набором поверхонь або часток. Мінімальну поверхню називають полігоном, роль якого зазвичай виконують трикутники.

Усіма візуальними перетвореннями в 3D-графіці керують матриці. У комп'ютерній графіці використовуються три види матриць: матриця повороту, матриця зсуву та матриця масштабування.

Будь-який полігон можна представити у вигляді набору координат із його вершин. Так, у трикутника буде три вершини. Координати кожної вершини є вектором  $(x, y, z)$ . Помноживши вектор на відповідну матрицю, отримаємо новий вектор. Зробивши таке перетворення з усіма вершинами полігону, отримаємо новий полігон, а перетворивши всі полігони, – новий об'єкт, повернений / зсунутий / масштабований відносно початкового.

Тривимірне зображення на площині відрізняється від двовимірного тим, що включає побудову геометричної проекції тривимірної моделі (сцени)

на площину (наприклад, екран комп'ютера) за допомогою спеціалізованих програм. При цьому модель може як відповідати об'єктам реального світу (автомобіль, будівля, ураган, астероїд), так і бути повністю абстрактною (проекція чотиривимірного фрактала).

Для отримання тривимірного зображення на площині необхідно зробити такі кроки:

- *моделювання* – створення тривимірної математичної моделі сцени та об'єктів у ній;
- *рендеринг (візуалізація)* – побудова проекції відповідно до обраної фізичної моделі;
- *виведення* отриманого зображення на пристрій (дисплей або принтер).

Завдання 3D-моделювання – розробити об'ємний образ бажаного об'єкта. За допомогою тривимірної графіки можна створити точну копію конкретного предмета, а також розробити нове, навіть нерезальне уявлення ніколи не існуючого об'єкта [8]. Тривимірною графікою зазвичай має справу з віртуальним, уявним тривимірним простором, який відображається на плоскій, двовимірній поверхні дисплея або аркуша паперу. Будь-яке зображення на моніторі в силу площини останнього стає растровим, оскільки монітор – це матриця, яка складається зі стовпців і рядків [10]. Тривимірною графікою існує лише в нашій уяві: те, що ми бачимо на моніторі, – це проекція тривимірної фігури, а простір ми створюємо самі. Таким чином, візуалізація графіки буває растрова і векторна, а спосіб візуалізації – це лише растр, тобто набір пікселів, від кількості яких залежить спосіб задання зображення. Проте зі створенням та впровадженням 3D-дисплеїв і 3D-принтерів тривимірною графікою не обов'язково має включати в себе проектування на площину. При цьому модель може як відповідати об'єктам із реального світу (автомобіль, будівля, ураган, астероїд), так і бути повністю абстрактною (проекція чотиривимірного фрактала) [6].

На думку В. Рукавішнікова, з появою методів тривимірного геометричного моделювання почався новий період розвитку в галузі геометричної підготовки інженера, що веде нас до принципово нової ідеології [16]. Як стверджує В. Бойко, «геометричне моделювання – це процес відображення властивостей та відносин реального або уявного об'єкта на спеціально створений для цього тривимірний геометричний моделі засобами комп'ютерної графіки, дослідження якої дає нам нові знання про цей об'єкт» [3, с. 59]. Погоджуємося із твердженням учених [17], що геометричне знання пройшло декілька історичних етапів свого розвитку, під час кожного з яких принципово змінювалися методи геометричного моделювання, що призводило до якісних змін у геометричній моделі: візуально-образне моделювання у вигляді малюнків → двовимірне геометричне моделювання двовимірних об'єктів (геометрія) → двовимірне геометричне моделювання тривимірних об'єктів (нарисна геометрія) → тривимірне комп'ютерне моделювання тривимірних об'єктів (комп'ютерна графіка) → чотиривимірне геометричне моделювання чотиривимірних об'єктів (комп'ютерна анімація). Глибоке оволодіння методами і засобами теорії геометричного моделювання виявляється в умінні майбутнього фахівця відтворювати повний життєвий цикл виробу, на кожному етапі якого присутні геометричні моделі.

Таким чином, тривимірною графікою – це розділ комп'ютерної графіки, сукупність прийомів та інструментів (як програмних, так і апаратних),

призначених для зображення об'ємних об'єктів [13]. Із кожним роком 3D-графіка стає все більш реалістичною. Це досягається завдяки впровадженню нових технологій – не лише апаратних, а й програмних [14].

У технічній науковій літературі знаходимо терміни: «комп'ютерна графіка», «чотиривимірною геодезією», «чотиривимірні об'єкти», «чотиривимірний простір», «чотиривимірною графікою» та «комп'ютерна анімація». Зупинимося на деяких із них та розглянемо поняття «чотиривимірні об'єкти», «чотиривимірний простір» та «чотиривимірною графікою».

Група фізиків з Університету штату Пенсільванія (США) під керівництвом професора Мікаеля Рехтсмана знайшли шлях у четвертий вимір простору. Як зауважують науковці, тривимірні предмети дають двомірні тіні, завдяки яким можна стверджувати про форму цих предметів. Складні розрахунки продемонстрували, що тривимірні об'єкти можуть бути «тінню» чотиривимірних. Учені стверджують, що наблизилися до розуміння чотиривимірного простору. Навколишній світ має лише три просторових виміри, але у фізичних моделях їх може бути більше. Наприклад, у теорії суперструн розглядається десять просторових вимірів [5].

Як відомо, простір Всесвіту є тривимірним, тобто має довжину, ширину та висоту як і будь-яке тіло. Положення точки може задаватися трьома числами – координатами. Якщо в просторі проводити прямі лінії чи площини або креслити складні криві, то їхні властивості будуть описуватися законами геометрії. Ці закони відомі давним-давно та підсумовані ще у III столітті до н. е. давньогрецьким математиком Евклідом. Саме евклідова геометрія вивчається у школі як строга низка аксіом і теорем, що описують усі властивості фігур, ліній, поверхонь. Якщо вивчати не лише місцезнаходження, але й процеси, що відбуваються в тривимірному просторі, то необхідно включити і час. Подія, що відбувається в якій-небудь точці, характеризується положенням точки, тобто заданням трьох її координат і четвертим числом – моментом часу, коли ця подія відбулася. Момент часу для події – це її четверта координата. Саме це й доводить думку про те, що наш світ є чотиривимірним. Ці факти, звичайно, є відомими давно [18].

У 1908 році німецький математик Г. Мінковський, розвиваючи ідеї означеної теорії, заявив: «Відтепер простір сам по собі і час сам по собі мають стати фікціями і лише деякий вид поєднання обох ще повинен зберегти самостійність». Що ж мав на увазі науковець, висловлюючись так рішуче і категорично? Він хотів наголосити на двох фактах. Перший факт – це відносність проміжків часу і просторових довжин, їхня залежність від вибору системи відліку. Другий, який є головним, – це те, що простір і час тісно пов'язані між собою. Вони, власне кажучи, виявляються як різні сторони деякої єдиної сутності – чотиривимірного простору-часу. Саме цього тісного поєднання та нерозривності не знала доенштейнівська фізика [18].

Простір-час є тим «об'єднанням» простору і часу, про яке говорив Г. Мінковський. Уявити таке формально не приєднання часу до простору, мабуть, неважко. Набагато складніше наочно уявити собі чотиривимірний світ. Зважаючи на це, дивуватися труднощам не доводиться. Коли ми у школі малюємо плоскі геометричні фігури на аркуші паперу, то зазвичай не відчуваємо ніяких труднощів щодо їх зображення, адже вони двовимірні (мають лише довжину і ширину).



Набагато складніше зображувати в просторі тривимірні фігури – піраміди, конуси, площини, що перетинають їх, тощо. Що стосується зображення чотирирівмих фігур, то іноді це важко зробити навіть фахівцям, які все життя працюють із теорією відносності [18].

Природа дуже складна, тому, проникаючи в її таємниці все глибше, доводиться миритися з тим, що це вимагає все більших зусиль, зокрема й від нашої уяви. Природа пронизана *рухом*. Нас оточують кругобіг води, кисню, вуглекислого газу, тобто речовини загалом. Таким чином ми існуємо у чотирирівмих «часі-просторі», а всі зміни відбуваються у цих вимірах. Найпростішою формою руху є механічне переміщення, а характеристикою – швидкість, що дорівнює похідній від радіус-вектора матеріальної точки у часі і таким способом поєднує між собою процеси у часі та просторі. Загалом *рух* ми розуміємо як будь-які фізичні процеси, наприклад, за участю тепла, взаємодії заряджених тіл, хімічні та ядерні перетворення, біологічні процеси (життя є біологічною формою руху) та ін. [4].

Останнім часом у наукових дослідженнях усе частіше використовуються методи нарисної геометрії багатовимірних просторів. Це обумовлено тим, що практичні задачі проблематично розв'язувати традиційними аналітичними методами, оскільки кількість змінних величин, які відображають відповідні багатовимірні функціональні залежності, перевищує розмірність простору, в якому вони відбуваються. Крім того, нарисна геометрія має можливість розглядати багатовимірні об'єкти як геометричні моделі багатьох змінних, що дає змогу наочно уявити такі процеси у вигляді геометричних моделей [2].

Теоретичний аналіз науково-педагогічної літератури засвідчив, що є наукові роботи, близькі до досліджуваної нами проблеми (О. Алексєєв, В. Бойко, М. Коротун, Д. Требухов, Н. Федотова). Сучасна анімація з використанням інформаційно-комунікаційних технологій освітнього призначення дає можливість не лише розглядати об'єкти в динаміці, а й керувати нею: зупиняти, повторювати, зосереджувати увагу саме на тому, що необхідно для поглиблення вивчення. Запровадження анімації із застосуванням не лише керування нею, а й реалістичністю об'єктів сприяє підвищенню мотивації здобувачів вищої освіти у процесі вивчення інженерних дисциплін [1, с. 81]. Науковці акцентують увагу на застосуванні анімованих ілюстрацій для підвищення мотивації до вивчення технічних дисциплін у здобувачів вищої освіти. *Комп'ютерна анімація* – мистецтво створення рухомих зображень за допомогою комп'ютера, підрозділ комп'ютерної графіки та анімації. На відміну від більш загального поняття «графіка CGI», що відноситься як до нерухомих, так і до рухомих зображень, комп'ютерна анімація передбачає лише рухомі зображення. На сьогодні вона досить широко застосовується як у сфері розваг, так і у виробничій, науковій та діловій галузях. Будучи похідною від комп'ютерної графіки, анімації властиві ті ж способи створення зображень: векторна, растрова, фрактальна, тривимірна графіки [12].

Для здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей важливо отримати навички створення не лише тривимірної моделі деталі, але й уміти змодельовати механізм, який складається з певної кількості деталей. Однак статична модель механізму зазвичай не надає повного розуміння про принцип його роботи. Для створення динамічної моделі тривимірного механізму необхідно використати четвертий вимір – час.

Динамічна модель надасть повне розуміння принципу роботи механізму загалом. Крім того, змінюючи часову координату, можна зрозуміти, яке положення в просторі займає будь-яка деталь механізму в певній точці часу та з якими деталями вона взаємодіє. Це дасть змогу дослідити певні параметри, що діють на деталь під час роботи механізму (визначити граничні параметри та внести зміни в конструкцію), або фізичні властивості деталі для оптимізації механізму загалом. Отже, використання чотирирівмих графіки надасть здобувачу вищої освіти не лише більш детальне розуміння про принцип роботи механізмів, але й виробить у нього навички щодо виявлення конструктивних помилок, недоліків та оптимізації механізмів.

4D-графіка передбачає додатковий рівень доступної інформації про візуальний процес. FANUC описує 4D-графіку як процес перетворення «невидимого у видиме», тобто йдеться про те, що на екрані користувач отримує 3D-візуалізацію руху технічного об'єкта [19].

**Висновки.** Комп'ютерна графіка якісно змінює способи взаємодії здобувача вищої освіти з комп'ютером, підвищує рівень його графічної компетентності, забезпечуючи автоматизовану підготовку всіх етапів розробки технічних об'єктів, – проєктування, інженерний аналіз, підготовка до виробництва тощо.

Проведені нами дослідження дають підстави визначити *чотирирівмих графіку як сукупність прийомів та інструментів (програмних, апаратних), призначених для відображення руху (переміщення) та взаємодії тривимірних об'єктів у часі.*

**Перспективи подальших розвідок** в означеному напрямі спрямовуватимуться на вдосконалення графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами три- і чотирирівмих графіки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексєєв О. М. Використання анімації як засобу підвищення мотивації навчання студентів інженерних спеціальностей / О. М. Алексєєв, М. М. Коротун, Д. В. Требухов // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2018. – Т. 65. – № 3. – С. 76–90.
2. Бідніченко О. Г. Деякі способи утворення багатовимірних тіл / О. Г. Бідніченко. URL: <https://www.sworld.com.ua/konferua6/33.pdf> (дата звернення: 9.10.2019).
3. Бойко В. А. Методика навчання інженерної графіки майбутніх інженерів-механіків засобами комп'ютерного моделювання : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / В. А. Бойко. – К., 2019. – 317 с.
4. Вища фізика. Конспект лекцій – реферат. URL: <https://works.doklad.ru/view/f8ff16FTsnk.html> (дата звернення: 9.10.2019).
5. Група фізиків з Університету штату Пенсільванія (США) під керівництвом професора Мікаеля Рехтсмана знайшла шлях у четвертий вимір простору. URL: <https://prm.ua/vcheni-znayshla-shlyah-u-chetvertiy-vimir/> (дата звернення: 9.10.2019).
6. Грушко В. Н. Інші види тривимірної графіки. URL: [https://stud.com.ua/43376/informatika/inshi\\_vidi](https://stud.com.ua/43376/informatika/inshi_vidi) (дата звернення: 9.10.2019).
7. Інформатика. URL: <https://inform099.blogspot.com/2019/05/1-2.html> (дата звернення: 9.10.2019).
8. Історія 3D-графіки. URL: <http://web-lance.net/istoriya-3d-grafiki.html> (дата звернення: 9.10.2019).

9. Иванов В. П. Трёхмерная компьютерная графика / В. П. Иванов, А. С. Батраков ; под ред. Г. М. Полищука. – М. : Радио и связь, 1995. – 224 с.

10. Когут Л. В. Тривимірна графіка. URL: <http://edufuture.biz/index.php?title> (дата звернення: 9.10.2019).

11. Козяр М. М. Сучасні програмні засоби проектування та геометричного моделювання : навч. посіб. / М. М. Козяр. – Рівне : МОНУ, НУВГП, 2006. – 298 с.

12. Комп'ютерна анімація // Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org> (дата звернення: 9.10.2019).

13. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : учеб. пособие для студ. пед. вузов и системы повыш. квалиф. пед. кадров / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М. В. Моисеева, А. Е. Петров ; под ред. Е. С. Полат. – М. : Издательский центр «Академия», 2001. – 272 с.

14. Перспективи розвитку 3D-графіки. URL: <http://nadoest.com/perspektivi-3d-grafiki> (дата звернення: 9.10.2019).

15. Пугачев В. М. Роль информационных технологий в науке и образовании / В. М. Пугачев, Е. Г. Газенаур // Вестник КемГУ. – 2009. – № 3. – С. 31–34.

16. Рукавишников В. А. Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве : сб. статей I Междунар. науч. конф. / В. А. Рукавишников. – М. : МГИУ, 2008. – С. 316–319.

17. Рукавишников В. А. Новый уровень в развитии графического образования / В. А. Рукавишников, И. Л. Голубева, А. Р. Альтапов // Третьи Вавиловские чтения : материалы Всеросс. междисцип. науч. конф. – Йошкар-Ола, 1999. – Ч. 1. – С. 200–202.

18. Час і простір – Концепції сучасного природознавства. URL: <https://westudents.com.ua/glavy/74739-23-chas-prostr.html> (дата звернення: 13.10.2019).

19. Quick Overview of 4D Graphics – Motion Controls Robotics. URL: <https://motioncontrolsrobotics.com/quick-overview-4d-graphics/> (дата звернення: 13.10.2019).

Дата надходження до редакції: 21.10.2019 р.

УДК 004:378.051

DOI: 10.37026/2520-6427-2019-100-4-46-51

Валентина КОРОЛЬЧУК,  
асистентка кафедри інформаційних  
і дистанційних технологій  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України, м. Київ

## ХМАРНІ СЕРВІСИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОЛЕКТИВНИХ ПРОЄКТІВ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІТ-ФАХІВЦІВ: АНАЛІЗ ТА КРИТЕРІЇ ДОБОРУ

*У статті проаналізовано критерії добору хмарних сервісів для управління проектами та колективної розробки програмних продуктів, використання яких буде доцільним у процесі підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Наведено порівняльну характеристику відібраних хмарних сервісів за визначеними критеріями та показниками, а також запропоновано рекомендації щодо їх використання у процесі організації проектною роботою й розробки програмних продуктів. Представлено результати педагогічного дослідження щодо використання означених хмарних сервісів у процесі підготовки майбутніх ІТ-фахівців.*

**Ключові слова:** колективні проекти, майбутні фахівці з інформаційних технологій, хмарні сервіси для управління проектами, хмарні сервіси для колективної розробки програмних продуктів, критерії добору.

*В статті проаналізовані критерії отбору хмарних сервісів для управління проектами та колективної розробки програмних продуктів, використання яких буде цілеспрямованим в процесі підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Приведена сравнительная характеристика отобранных хмарних сервісів по определенным критериям и показателям, а также предложены рекомендации по их использованию в процессе организации проектной работы и разработки программных продуктов. Представлены результаты педагогического исследования по использованию указанных хмарних сервісів в процессе подготовки будущих ИТ-специалистов.*

**Ключевые слова:** коллективные проекты, будущие специалисты по информационным технологиям, хмарні сервіси для управления проектами, хмарні сервіси для разработки программных продуктов, критерии добора.