Марченко Станіслав Сергійович, кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри технологічної і професійної освіти Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, м. Глухів, Україна, https://orcid.org/0000-0002-4962-1831

Marchenko Stanislav Serhiyovych, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological and Professional Education, Hlukhiv National Pedagogical University named after Oleksandr Dovzhenko, Hlukhiv, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-4962-1831

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З 3D-ДРУКУ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR DIFFERENTIATING 3D PRINTING LEARNING TASKS IN TECHNOLOGY EDUCATION AT GENERAL SECONDARY SCHOOLS

Анотація

У статті розглянуто проблему теоретичного обґрунтування диференціації навчальних завдань з 3D-друку на уроках технологій у закладах загальної середньої освіти. Актуальність дослідження зумовлена активним упровадженням адитивних технологій у шкільну практику, що відкриває нові можливості для розвитку технологічної грамотності, просторового мислення, проєктних та інженерних умінь учнів, однак водночас виявляє недостатню розробленість методичних засад добору навчальних завдань відповідно до вікових і когнітивних особливостей здобувачів освіти. Метою статті є теоретичне обґрунтування засад

диференціації навчальних завдань з 3D-друку на основі аналізу психолого-педагогічних концепцій вікового розвитку та сучасних досліджень у галузі використання адитивних технологій в освіті, а також визначення критеріїв добору завдань і рівнів їх складності. У дослідженні використано методи теоретичного аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення наукових джерел і теоретичного моделювання. Установлено, що теоретичним підґрунтям диференціації навчальних завдань з 3D-друку є теорія стадій когнітивного розвитку J. Piaget, концепція зони найближчого розвитку L. Vygotsky та теорія конструкціонізму S. Papert та I. Harel. Визначено, що ефективна організація навчання з 3D-друку потребує врахування вікових особливостей учнів, рівня сформованості просторового мислення, ступеня самостійності, характеру педагогічної підтримки та практичної значущості результату. Обґрунтовано доцільність зосередження на учнях 5–11 класів, для яких застосування 3D-друку може бути педагогічно виправданим за умови відповідного добору змісту й рівня складності завдань. Визначено основні принципи побудови диференційованої системи навчальних завдань: відповідності когнітивному розвитку, оптимального рівня складності, практичної значущості результату, міжпредметної інтегрованості та поступового розширення самостійності. На цій основі визначено критерії добору завдань і обґрунтовано три рівні їх складності: репродуктивний, частково-пошуковий і творчо-дослідницький. Практичне значення результатів полягає в можливості використання запропонованих положень як теоретико-методологічної основи для подальшого розроблення системи практичних завдань і навчальних проєктів з 3D-друку для учнів різних вікових груп.

Ключові слова: 3D-друк, адитивні технології, уроки технологій, диференціація навчальних завдань, вікові особливості учнів, просторове мислення, технологічна освіта, навчальні проєкти.

Abstract

The article examines the problem of the theoretical substantiation of differentiated 3D-printing learning tasks in technology education at general secondary schools. The relevance of the study is determined by the active integration of additive technologies into school practice, which opens up new opportunities for the development of technological literacy, spatial thinking, and students' design and engineering skills, while at the same time revealing the insufficient development of methodological foundations for selecting learning tasks in accordance with the age-related and cognitive characteristics of school students. The purpose of the article is to provide a theoretical substantiation of the principles underlying the differentiation of 3D-printing learning tasks on the basis of an analysis of psychological and pedagogical concepts of age-related development and contemporary studies in the field of additive technologies in education, as well as to identify criteria for task selection and levels of task complexity. The study employed methods of theoretical analysis, synthesis, comparison, generalization of scholarly sources, and theoretical modeling. It was found that the theoretical foundation for differentiating 3D-printing learning tasks is formed by Piaget's theory of stages of cognitive development, Vygotsky's concept of the zone of proximal development, and Papert and Harel's theory of constructionism. It was determined that the effective organization of 3D-printing-based instruction requires taking into account students' age characteristics, the level of spatial thinking development, the degree of independence, the nature of pedagogical support, and the practical significance of the learning outcome. The focus on students in Grades 5–11 is justified, since for this age group the use of 3D printing may be pedagogically appropriate provided that the content and level of task complexity are selected properly. The main principles for constructing a differentiated system of learning tasks were identified: correspondence to

cognitive development, optimal level of complexity, practical significance of the result, interdisciplinary integration, and gradual expansion of student autonomy. On this basis, criteria for task selection were defined and three levels of task complexity were substantiated: reproductive, partially exploratory, and creative research. The practical significance of the findings lies in the possibility of using the proposed provisions as a theoretical and methodological basis for the further development of a system of practical tasks and educational projects in 3D printing for students of different age groups.

Keywords: 3D printing, additive technologies, technology education, differentiation of learning tasks, age characteristics of students, spatial thinking, technological literacy, educational projects.

Постановка проблеми. Технологія 3D-друку стрімко входить у практику загальної середньої освіти як інструмент формування технологічної грамотності, розвитку просторового мислення та практичних інженерних умінь учнів. Використання адитивних технологій на уроках технологій відкриває широкі можливості для реалізації ідей STEM- та STEAM-освіти, оскільки органічно поєднує проєктування, комп’ютерне моделювання та практичне виготовлення виробів у межах цілісної освітньої діяльності [1; 6].

Водночас упровадження 3D-принтерів у закладах загальної середньої освіти України нерідко відбувається швидше, ніж формування належного методичного забезпечення їх використання. Освітні заклади отримують сучасне обладнання, однак система добору навчальних завдань і педагогічного супроводу його використання залишається недостатньо обґрунтованою [1; 4]. Унаслідок цього вчителі технологій нерідко змушені діяти інтуїтивно, спираючись на окремі приклади чи випадкові цифрові ресурси.

Однією з ключових невирішених проблем є відсутність теоретично обґрунтованої системи диференціації навчальних завдань з 3D-друку відповідно до вікових і когнітивних особливостей учнів. На практиці одні й ті самі або подібні завдання нерідко пропонуються учням різних вікових груп без належного урахування рівня розвитку їхнього просторового мислення, здатності до абстрактного проєктування, обсягу робочої пам'яті та ступеня сформованості самостійності в технологічній діяльності [3; 7]. Це може зумовлювати зниження навчальної мотивації, фрагментарне засвоєння знань і неефективне використання можливостей 3D-друку в освітньому процесі [4; 6].

Проблема набуває особливої актуальності в умовах реформування української школи відповідно до концепції Нової української школи та вимог Державного стандарту базової середньої освіти, який орієнтує на формування в учнів здатності використовувати сучасні технології, техніку та інструменти в процесі проєктно-технологічної діяльності. Реалізація цього завдання на уроках технологій потребує науково обґрунтованого підходу до проєктування змісту та організації навчальної діяльності з 3D-друку, що спирається на положення вікової психології, сучасної педагогіки та дидактики технологічної освіти [2; 5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика використання 3D-друку в освітньому процесі активно досліджується як у вітчизняній, так і в зарубіжній педагогічній науці. Водночас питання теоретичного обґрунтування диференціації навчальних завдань з урахуванням вікових особливостей учнів залишається недостатньо розробленим.

У вітчизняній педагогічній науці одним із перших системних досліджень, присвячених використанню 3D-технологій в освіті, стала праця Н. В. Морзе, Л. О. Варченко-Троценко та А. Тютюнник [1], у якій обґрунтовано можливості застосування 3D-моделювання, сканування та

друку в контексті STEAM-навчання. Авторки доводять, що інтеграція 3D-технологій сприяє розвитку творчого мислення, міжпредметної інтеграції та практичних умінь проєктування. Разом із тим у цьому дослідженні питання вікової диференціації навчальних завдань не виступає окремим предметом аналізу.

У зарубіжній науці систематичний огляд емпіричних досліджень, здійснений E. Novak, M. Brannon, M. R. Librea-Carden та A. L. Haas [4], засвідчив, що більшість праць у галузі освітнього використання 3D-друку зосереджується на вивченні навчальних результатів, розвитку окремих умінь і загальних переваг технології, тоді як методичні засади добору завдань для різних вікових груп висвітлено фрагментарно. Автори наголошують на необхідності більш детального вивчення умов, за яких 3D-друк є справді ефективним засобом навчання.

H. A. Pearson та A. K. Dubé [6], аналізуючи 3D-друк як освітню технологію, виокремили низку теоретичних підходів до пояснення його дидактичного потенціалу, серед яких особливе місце посідає конструкціонізм. Дослідники доводять, що найвищу ефективність навчання забезпечує створення учнем власного матеріалізованого результату.

E. Fokides та G. Lagopati [3] у скопінговому огляді, присвяченому використанню 3D-принтерів учнями молодшого шкільного віку, дійшли висновку, що такі практики мають значний потенціал для розвитку просторових уявлень і мотивації до навчання, однак потребують спеціально організованого педагогічного середовища, високого ступеня підтримки та адаптації змісту до вікових можливостей дітей. Це особливо важливо для осмислення меж застосування 3D-друку в різних вікових групах.

T. K. Coşkun та G. F. Deniz [2], досліджуючи внесок 3D-моделювання у формування навичок XXI століття в учнів середньої школи, встановили, що систематична робота в середовищі тривимірного моделювання позитивно

впливає на розвиток критичного мислення, самооцінювання результатів діяльності та вміння планувати власну роботу. Разом із тим ефективність цього впливу залежить від відповідності змісту й складності завдань реальним когнітивним можливостям учнів.

Теоретичне підґрунтя для розроблення диференційованих підходів до навчання становлять класичні психолого-педагогічні концепції. J. Piaget [7] обґрунтував стадіальний характер когнітивного розвитку дитини та показав, що здатність до абстрактного мислення формується поступово. L. Vygotsky [8] розробив концепцію зони найближчого розвитку, яка дає змогу визначати оптимальний рівень складності навчального завдання. S. Papert та I. Harel [5] сформулювали ідеї конструкціонізму, відповідно до яких найефективніше навчання відбувається в процесі створення реального публічного артефакту.

Таким чином, аналіз наукових джерел дає підстави стверджувати, що попри наявність теоретичних ідей, які можуть бути використані для побудови системи диференціації навчальних завдань з 3D-друку, у педагогічній науці досі недостатньо розроблено цілісне обґрунтування такої системи для уроків технологій у закладах загальної середньої освіти [3; 4; 6].

Мета статті полягає в теоретичному обґрунтуванні засад диференціації навчальних завдань з 3D-друку на уроках технологій у закладах загальної середньої освіти на основі аналізу психолого-педагогічних концепцій вікового розвитку та сучасних досліджень у галузі використання адитивних технологій в освіті, а також у визначенні критеріїв добору навчальних завдань і рівнів їх складності відповідно до вікових та когнітивних особливостей учнів.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання дослідження: проаналізувати психолого-педагогічні концепції, що слугують теоретичним підґрунтям для диференціації навчальних завдань з 3D-друку; охарактеризувати вікові та когнітивні особливості учнів різних освітніх

рівнів як основу для диференціації навчальних завдань; визначити критерії добору навчальних завдань з 3D-друку відповідно до вікових особливостей учнів; обґрунтувати рівні складності навчальних завдань з 3D-друку для різних вікових груп учнів закладів загальної середньої освіти.

Виклад основного матеріалу. У дослідженні використано методи теоретичного аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення наукових джерел, а також елементи теоретичного моделювання для обґрунтування критеріїв диференціації навчальних завдань з 3D-друку та визначення рівнів їх складності відповідно до вікових особливостей учнів. Застосування зазначених методів дало змогу виявити психолого-педагогічні засади побудови диференційованої системи навчальних завдань і окреслити логіку переходу від репродуктивної до творчо-дослідницької діяльності учнів.

Теоретичним підґрунтям для обґрунтування диференціації навчальних завдань з 3D-друку на уроках технологій слугують три взаємопов’язані психолого-педагогічні концепції: теорія стадій когнітивного розвитку J. Piaget, концепція зони найближчого розвитку L. Vygotsky та теорія конструкціонізму S. Papert та I. Harel. Кожна з цих концепцій висвітлює окремий аспект проблеми відповідності навчальних завдань віковим можливостям учнів і в сукупності формує цілісну теоретичну основу для побудови диференційованої системи завдань з 3D-друку.

Теорія стадій когнітивного розвитку J. Piaget дає змогу визначити, якою мірою учні різного віку здатні до абстрактного проєктування, просторового моделювання та усвідомлення зв’язку між цифровою моделлю й матеріальним виробом. На стадії конкретних операцій дитина спирається переважно на наочність, конкретний предметний досвід та реальні дії з об’єктами, тоді як на стадії формальних операцій з’являється можливість мислити гіпотетично, оперувати абстрактними поняттями, будувати багатокрокові плани та передбачати результати змін параметрів моделі [7].

Застосування ідей J. Piaget до навчання з 3D-друку дає підстави стверджувати, що завдання, пов’язані з повністю самостійним тривимірним проєктуванням, оперуванням абстрактними просторовими образами та встановленням складних причинно-наслідкових зв’язків між параметрами цифрової моделі та властивостями фізичного об’єкта, є найбільш доступними для учнів, які досягли стадії формальних операцій. Водночас це не означає, що елементи 3D-друку не можуть бути впроваджені раніше: для учнів, які перебувають на стадії конкретних операцій або на перехідному етапі до формально-операційного мислення, доцільними є завдання з опорою на конкретні зразки, готові моделі, наочні інструкції та часткову педагогічну підтримку [6; 7]. Отже, теорія J. Piaget обґрунтовує не відмову від використання 3D-друку в молодших вікових групах основної школи, а необхідність принципового розмежування рівня складності, ступеня самостійності та характеру освітньої діяльності.

Концепція зони найближчого розвитку L. Vygotsky має безпосереднє значення для проєктування навчальних завдань з 3D-друку. Відповідно до цієї концепції, найбільш ефективними є такі завдання, які не збігаються з актуальним рівнем розвитку учня, але залишаються посильними за умови педагогічної підтримки або взаємодії з більш компетентним партнером [8]. У контексті навчання 3D-друку це означає, що завдання не повинні бути ні надто простими, ні надмірно складними. Перші не забезпечують розвитку, другі спричиняють фрустрацію, втрату мотивації та формальне виконання діяльності [4; 8]. Звідси випливає важливість педагогічного скафолдингу, тобто поступового зменшення обсягу допомоги в міру зростання самостійності учня. Крім того, положення Vygotsky про роль соціальної взаємодії в навчанні обґрунтовують доцільність організації групової та парної роботи під час виконання завдань з 3D-друку, особливо на етапах первинного входження учнів у новий для них вид діяльності.

Теорія конструкціонізму S. Papert та I. Harel є особливо релевантною для навчання з використанням 3D-друку. На відміну від загального конструктивістського підходу, конструкціонізм акцентує на тому, що найглибше засвоєння знань відбувається в процесі створення реального публічного артефакту – фізичного або цифрового об'єкта, який має особистісну значущість для учня та може бути представленим іншим [5]. Саме 3D-друк природно відповідає цій логіці, оскільки поєднує цифрове проєктування з матеріалізацією результату. Можливість побачити, випробувати й оцінити створений власноруч об'єкт посилює мотивацію, сприяє рефлексії та глибшому розумінню технологічних процесів [5; 6]. Водночас конструкціоністський підхід не скасовує вимоги вікової відповідності: складність артефактів, рівень самостійності їх створення та обсяг необхідних міжпредметних знань повинні бути адекватними реальним можливостям учнів.

Таким чином, зазначені теоретичні концепції взаємно доповнюють одна одну. Теорія J. Piaget дає змогу визначити межі когнітивної доступності різних типів завдань; концепція L. Vygotsky окреслює принцип добору завдань оптимального рівня складності та роль педагогічної підтримки; конструкціонізм S. Papert та I. Harel обґрунтовує навчальну цінність практичної діяльності зі створення реальних фізичних об'єктів [5; 6; 7; 8].

Ефективна диференціація навчальних завдань з 3D-друку неможлива без урахування вікових і когнітивних особливостей учнів. У межах цього дослідження розглядаються вікові групи учнів основної та старшої школи – від 5 до 11 класу. Учні початкової школи не включені до основної рамки аналізу, оскільки використання 3D-друку на цьому етапі, як правило, має пропедевтичний характер і потребує спеціально організованого, переважно ігрово-практичного методичного підходу [3]. Крім того, систематична робота з 3D-принтером передбачає дотримання вимог техніки безпеки,

певний рівень технічної відповідальності та готовність до послідовного виконання технологічних операцій, що робить таку діяльність більш доцільною починаючи з основної школи [4].

Учні 5–7 класів перебувають на перехідному етапі від конкретно-операційного до формально-операційного мислення [7]. Їхня здатність до абстрактного мислення ще не є стійкою, тому вони потребують опори на наочність, зразки, алгоритмізовані дії та чітко структуровані інструкції. Просторове мислення в цьому віці активно розвивається, що дає змогу працювати з простими тривимірними моделями в доступних цифрових середовищах, зокрема у візуально інтуїтивних програмах для початкового 3D-моделювання. Для цієї вікової групи доцільними є завдання, що передбачають ознайомлення з готовими моделями, їх аналіз, незначну модифікацію, добір елементарних параметрів друку та друк нескладних виробів за чітко визначеними умовами. У межах зони найближчого розвитку учні цього віку можуть виконувати не лише репродуктивні, а й окремі частково-пошукові завдання, однак за умови помітної педагогічної підтримки [2; 8]. Отже, для 5–7 класів 3D-друк має виступати передусім засобом керованого входження у сферу цифрового проєктування.

Для учнів 8–9 класів типовим є посилення ознак формально-операційного мислення, що виявляється у зростанні здатності до абстрактного мислення, самостійного планування дій, аналізу помилок та осмисленої роботи з цифровими моделями [7]. Для них характерний вищий рівень сформованості просторових уявлень, що дає змогу переходити від модифікації готових моделей до розроблення власних варіантів виробів у межах заданих умов. Учні цього віку здатні самостійніше працювати з параметрами 3D-друку, встановлювати зв’язок між геометрією моделі та якістю надрукованого виробу, а також оцінювати функціональність створеного об’єкта. Саме тому для них доцільними є частково-пошукові

завдання та окремі творчо-дослідницькі проєкти, пов'язані з розв'язанням реальних практичних проблем [4; 5].

Учні 10–11 класів характеризуються вищим рівнем сформованості формально-операційного мислення, достатньою здатністю до гіпотетико-дедуктивних міркувань, прогнозування результатів, самостійного планування багатокрокової діяльності та усвідомленого використання міжпредметних знань [7]. У контексті 3D-друку це відкриває можливості для організації повного циклу проєктної діяльності: від виявлення проблеми й формулювання задуму до цифрового моделювання, виготовлення прототипу, його тестування, аналізу недоліків і вдосконалення кінцевого результату. Для цієї вікової групи 3D-друк може виступати не лише як засіб навчання технологічним операціям, а й як інструмент міждисциплінарної проєктної та дослідницької діяльності, що має профільно орієнтований характер [1; 6].

Отже, вікові особливості учнів істотно впливають на характер і складність навчальних завдань з 3D-друку. Відмінності між віковими групами стосуються не лише рівня складності змісту, а й ступеня педагогічної підтримки, характеру практичної діяльності, рівня абстрактності проєктних завдань та способів організації взаємодії учнів [2; 3; 4; 8].

Спираючись на розглянуті теоретичні положення та вікові особливості учнів, визначено основні принципи побудови диференційованої системи навчальних завдань з 3D-друку: відповідності когнітивному розвитку, оптимального рівня складності, практичної значущості результату, міжпредметної інтегрованості та поступового розширення самостійності. Принцип відповідності когнітивному розвитку передбачає узгодження складності завдання з реальними можливостями учня щодо просторового уявлення, абстрактного мислення, планування та аналізу технологічного процесу [6; 7]. Принцип оптимального рівня складності, що випливає з

концепції зони найближчого розвитку, орієнтує на добір завдань, які потребують інтелектуального зусилля, але залишаються досяжними за відповідної педагогічної підтримки [4; 8]. Принцип практичної значущості результату означає, що кожне завдання з 3D-друку має завершуватися створенням фізичного об'єкта, який має реальну цінність або очевидну функцію для учня, групи чи шкільного середовища [5; 6]. Принцип міжпредметної інтегрованості полягає в поєднанні змісту технологічної діяльності зі знаннями з інших навчальних предметів [1; 6]. Принцип поступового розширення самостійності передбачає перехід від керованої діяльності до самостійного та творчо-дослідницького виконання проєктів.

На основі цих принципів можна визначити критерії добору навчальних завдань з 3D-друку для різних вікових груп учнів. До них належать: ступінь абстрактності завдання; рівень когнітивного навантаження; ступінь самостійності учня; рівень сформованості просторового мислення; практична значущість результату. Сукупність цих критеріїв дає змогу не лише добирати завдання відповідно до віку учнів, а й будувати логіку їх поступового ускладнення.

На цій основі доцільно виокремити три рівні складності навчальних завдань з 3D-друку. Репродуктивний рівень передбачає роботу з готовими моделями, їх завантаження, підготовку до друку, ознайомлення з базовими параметрами та аналіз отриманого результату. Частково-пошуковий рівень передбачає модифікацію існуючих моделей, вибір параметрів друку, пошук конструктивного рішення в межах заданих умов та обмежень. Творчо-дослідницький рівень пов'язаний із самостійним проєктуванням оригінальних об'єктів, проходженням повного циклу від задуму до виготовлення прототипу, аналізом функціональності виробу та його подальшим удосконаленням [4; 5; 6].

Співвідношення між віковими групами учнів, їхніми когнітивними

особливостями, ступенем самостійності та рівнями складності навчальних завдань відображено в таблиці 1.

Таблиця 1

Критерії добору та рівні складності завдань з 3D-друку

Вікова група	Когнітивні особливості	Ступінь самостійності	Рівень складності
5–7 кл.	початковий або середній рівень просторового мислення, перехід від конкретно-операційного до формально-операційного мислення, потреба в опорі на зразки та педагогічну підтримку	часткова самостійність за педагогічної підтримки	репродуктивний / частково-пошуковий
8–9 кл.	достатній рівень просторового мислення, посилення ознак формально-операційного мислення, здатність до виконання завдань середньої та підвищеної складності	переважно самостійна діяльність	частково-пошуковий / творчо-дослідницький
10–11 кл.	достатньо сформоване просторове мислення, розвинене формально-операційне мислення, здатність до виконання складних багатокомпонентних завдань	висока самостійність	творчо-дослідницький

Запропонована система критеріїв і рівнів складності може бути використана як теоретико-методологічна основа для подальшого проєктування практичних завдань і навчальних проєктів з 3D-друку для учнів різних вікових груп закладів загальної середньої освіти. Її практична цінність полягає в тому, що вона дає можливість уникнути як надмірного спрощення, так і невиправданого ускладнення освітньої діяльності, забезпечуючи більш обґрунтоване включення 3D-друку в систему технологічної освіти [1; 3; 6].

Висновки. У статті теоретично обґрунтовано засади диференціації

навчальних завдань з 3D-друку на уроках технологій у закладах загальної середньої освіти на основі аналізу класичних психолого-педагогічних концепцій і сучасних досліджень у галузі використання адитивних технологій в освіті.

З'ясовано, що теоретичним підґрунтям диференціації навчальних завдань з 3D-друку слугують три взаємопов'язані концепції. Теорія стадій когнітивного розвитку J. Piaget дає можливість визначити межі когнітивної доступності різних типів завдань залежно від віку учнів; концепція зони найближчого розвитку L. Vygotsky обґрунтовує необхідність добору завдань оптимального рівня складності та поступового зменшення педагогічної підтримки; теорія конструкціонізму S. Papert та I. Harel пояснює навчальну ефективність 3D-друку через створення учнями реальних фізичних артефактів як засобу побудови знань.

Установлено, що використання 3D-друку в освітньому процесі потребує вікової диференціації не лише за складністю завдань, а й за ступенем самостійності учнів, характером педагогічної підтримки, рівнем абстрактності проєктної діяльності та практичною значущістю створюваного продукту. У межах цього дослідження увагу зосереджено на учнях 5–11 класів, оскільки для початкової школи застосування 3D-друку має переважно пропедевтичний характер і потребує окремого спеціального методичного опрацювання.

Визначено основні принципи побудови диференційованої системи навчальних завдань з 3D-друку: відповідності когнітивному розвитку, оптимального рівня складності, практичної значущості результату, міжпредметної інтегрованості та поступового розширення самостійності. На цій основі сформульовано критерії добору завдань і обґрунтовано три рівні їх складності: репродуктивний, частково-пошуковий і творчо-дослідницький.

Теоретичний аналіз дає підстави вважати, що для учнів 5–7 класів доцільними є репродуктивні та частково-пошукові завдання з високим ступенем педагогічної підтримки; для учнів 8–9 класів – частково-пошукові та окремі творчо-дослідницькі завдання з переважно самостійною діяльністю; для учнів 10–11 класів – творчо-дослідницькі завдання, пов'язані з повним циклом проєктування, виготовлення й аналізу результатів.

Перспективи подальших досліджень убачаємо в розробленні та експериментальній перевірці системи практичних завдань і навчальних проєктів з 3D-друку для різних вікових груп учнів, а також у дослідженні ефективності запропонованих принципів диференціації в умовах змішаного й дистанційного навчання.

Література

1. Морзе Н. В., Варченко-Троценко Л. О., Тютюнник А. Впровадження STEAM навчання з використанням 3D технологій: моделювання, сканування та друк. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2016. № 2. С. 200–208. URL: https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/31 (дата звернення: 20.04.2026).

2. Coşkun T. K., Deniz G. F. The Contribution of 3D Computer Modelling Education to Twenty-First Century Skills: Self-assessment of Secondary School Students. International Journal of Technology and Design Education. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10798-021-09660.

3. Fokides E., Lagopati G. The utilization of 3D printers by elementary-aged learners: a scoping review. Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice. 2024. Vol. 23. URL: http://www.jite.org/documents/Vol23/JITE-IIPv23Art006Fokides10213.pdf (дата звернення: 20.04.2026).

4. Novak E., Brannon M., Librea-Carden M. R., Haas A. L. A systematic review of empirical research on learning with 3D printing technology. Journal of Computer Assisted Learning. 2021. Vol. 37, No. 5. P. 1455–1478. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12585.

5. Papert S., Harel I. Situating Constructionism. In: Papert S., Harel I. (eds.). Constructionism: Research Reports and Essays, 1985–1990. Norwood, NJ : Ablex Publishing Corporation, 1991. P. 1–12.

6. Pearson H. A., Dubé A. K. 3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. Education and Information Technologies. 2022. Vol. 27, No. 3. P. 3647–3674. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7.

7. Piaget J. The Psychology of Intelligence. London : Routledge & Kegan Paul, 1950. 218 p.

8. Vygotsky L. S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1978. 159 p.

References

1. Morze, N. V., Varchenko-Trotsenko, L. O., & Tiutiunnyk, A. (2016). Vprovadzhennia STEAM navchannia z vykorystanniam 3D tekhnolohii: modeliuvannia, skanuvannia ta druk. Vidkryte osvitnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu, 2, 200–208. URL: https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/31 [in Ukrainian].

2. Coşkun, T. K., & Deniz, G. F. (2021). The Contribution of 3D Computer Modelling Education to Twenty-First Century Skills: Self-assessment of Secondary School Students. International Journal of Technology and Design Education. DOI: https://doi.org/10.1007/s10798-021-09660.

3. Fokides, E., & Lagopati, G. (2024). The utilization of 3D printers by

elementary-aged learners: A scoping review. Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, 23. URL: http://www.jite.org/documents/Vol23/JITE-IIPv23Art006Fokides10213.pdf.

4. Novak, E., Brannon, M., Librea-Carden, M. R., & Haas, A. L. (2021). A systematic review of empirical research on learning with 3D printing technology. Journal of Computer Assisted Learning, 37(5), 1455–1478. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12585.

5. Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating Constructionism. In S. Papert & I. Harel (Eds.), Constructionism: Research Reports and Essays, 1985–1990 (pp. 1–12). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

6. Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2022). 3D printing as an educational technology: Theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. Education and Information Technologies, 27(3), 3647–3674. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7.

7. Piaget, J. (1950). The Psychology of Intelligence. London: Routledge & Kegan Paul.

8. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.