

УДК 378.147:514.18:004.92

DOI <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2026.110.14>

Крикун О. М.

РОЗВИТОК ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗАСОБАМИ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

У статті розглянуто теоретичні засади та методичні підходи, що застосовуються для розвитку просторового мислення здобувачів технічних спеціальностей у процесі вивчення освітніх компонентів, зокрема нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки. Актуальність дослідження зумовлена зростаючими вимогами до просторово-аналітичних компетентностей майбутніх інженерів в умовах цифровізації виробництва та поширення параметричного проєктування. За результатами психолого-педагогічного аналізу визначено зміст поняття «просторове мислення» в контексті концепцій фундаментальних питань психології розвитку та педагогіки, охарактеризовано його структурні компоненти – просторове уявлення, просторова орієнтація та просторові відношення – і визначено їхню роль у фаховій підготовці інженерів. Теоретично обґрунтовано педагогічний потенціал трьох графічних освітніх компонентів, що дають змогу цілеспрямовано розвивати просторові здібності здобувачів: нарисна геометрія формує основу аксіоматичного й алгоритмічного мислення; інженерна графіка розвиває здатність до кодування і декодування візуально-просторових структур засобами стандартизованої технічної документації; комп'ютерна графіка дозволяє безпосередньо маніпулювати тривимірними моделями в інтерактивному режимі реального часу. Виявлено взаємозалежний і взаємодоповнювальний характер зазначених освітніх компонентів у системі графічної підготовки: вони утворюють логічну триаду, де кожен наступний компонент спирається на здобутки попереднього. Проаналізовано сучасні методичні підходи до розвитку просторового мислення та встановлено, що для формування та вдосконалення просторового мислення здобувачів технічних спеціальностей доцільно поєднувати традиційні і цифрові засоби навчання, забезпечуючи методичну наступність між ОК.

Ключові слова: просторове мислення, нарисна геометрія, інженерна графіка, комп'ютерна графіка, графічні дисципліни, технічна освіта, 3D-моделювання, просторові здібності, методичні підходи, заклад вищої освіти.

Для здобувачів спеціальностей технічного напрямку здатність просторової візуалізації є однією з необхідних когнітивних компетентностей, адже сучасний інженер одночасно працює як із складними тривимірними об'єктами і цифровими двійниками, так із параметричними моделями. Тому розвиток просторового мислення у здобувачів є основним завданням під час графічної підготовки у закладах вищої освіти, особливо з технічним спрямуванням.

Зазвичай реалізація цієї компетентності забезпечується трьома освітніми компонентами (ОК): нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка. Не дивлячись на те, що кожен з цих ОК має власні механізми розвитку просторових здібностей, їх інтегрована взаємодія залишається недостатньо вивченою в теоретичному і методичному аспектах.

Мета статті – на основі аналізу психолого-педагогічної та методичної літератури обґрунтувати теоретичні засади розвитку просторового мислення здобувачів технічних спеціальностей і висвітлити методичні підходи, що застосовуються у процесі вивчення нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки.

Просторове мислення як психологічний феномен досліджується з початку ХХ століття. Вже в роботах Л. С. Виготського підкреслювалося, що вищі психічні функції, зокрема образне мислення, формуються у процесі предметно-практичної та знакової діяльності. Це твердження стало методологічним підґрунтям для вивчення розвитку просторових здібностей під час навчальної діяльності: якщо мислення формується під час діяльності, тоді просторове мислення розвивається під час процесів, які потребують розв'язання задач, що вимагають оперування просторовими образами [1; 2].

Дослідники визначають просторове мислення як інтелектуальну здатність репрезентувати, трансформувати, генерувати та відтворювати інформацію про об'єкти і навколишнє середовище, виокремлюючи у його структурі три компоненти: просторові уявлення, просторову орієнтацію та просторові відношення [3]. При цьому просторова здатність є предиктором успіху здобувачів у галузях STEM, зокрема в інженерній освіті, де вона визначає ефективність просторового мислення, візуалізації та розв'язання просторових задач [4]. Ця трикомпонентна структура досить часто використовується в сучасних педагогічних дослідженнях для конкретизації поняття «просторове мислення».

Зарубіжні автори здебільшого ототожнюють поняття «просторове мислення», «просторовий інтелект» та «просторові здібності» [5, 6]. Водночас деякі автори виділяють кілька вимірів просторових здібностей: просторову візуалізацію (уявна маніпуляція складними фігурами), просторову орієнтацію (позиційна зміна точки зору) і просторові відношення (швидке обертання об'єктів подумки) [6; 7]. Ці виміри мають різне значення для різних інженерних задач, забезпечуючи диференційований підхід до їх застосування у навчальному процесі [5, 8]. Для коректного педагогічного аналізу принципово важливо розмежувати поняття «просторові здібності» і «просторове мислення»: здібності відображають потенційну можливість виконувати просторові операції, тоді як мислення є актуальним процесом постановки і розв'язання просторових задач. З огляду на це у контексті навчання доцільно послуговуватися поняттям «розвиток

просторового мислення» – як динамічного процесу, а не лише індикатора сформованості статичних здібностей.

Принципово важливим є встановлений у сучасній нейрокогнітивній науці факт пластичності просторових здібностей: вони піддаються цілеспрямованому розвитку засобами навчання і не є незмінною рисою особистості [9; 10; 11]. Це підтверджується дослідженнями нейропластичності відповідних мозкових структур, які свідчать про здатність просторових функцій до перебудови під впливом навчального досвіду [11]. Водночас встановлено, що спеціально розроблені програми розвитку просторових здібностей для здобувачів інженерних і архітектурних спеціальностей забезпечують статистично значуще підвищення рівня просторового мислення учасників [4; 5; 9].

Графічні дисципліни займають особливе місце серед засобів розвитку просторового мислення, оскільки за своєю природою передбачають постійну взаємодію між реальним тривимірним простором і його двовимірним зображенням. Просторове мислення можна загалом описати як здатність генерувати, маніпулювати та трансформувати двовимірні й тривимірні зображення та об'єкти [12]. Саме постійний перехід між тривимірним простором і його площинним відображенням розвиває гнучкість просторового мислення та розкриває педагогічний потенціал графічних дисциплін.

Вирішення задач нарисної геометрії вимагає від здобувача постійного виконання подвійного розумового руху: від реального об'єкта до його проєкцій, і навпаки – від плоских зображень до просторового образу. По суті, цей процес є тренуванням головних операцій просторового мислення – кодування і декодування просторової інформації. Закономірно, що саме у нарисній геометрії закладаються базові просторові уявлення, без яких неможливе повноцінне засвоєння ОК, які вказані у структурно-логічній схемі освітньо-професійної програми [13]. Нарисна геометрія завжди має чітку умову і допускає перевірку результату, що формує звичку до точності і послідовності в просторових міркуваннях.

Інженерна графіка розвиває просторове мислення через призму стандартизованої технічної мови. Здобувачі вчать читати і виконувати креслення відповідно до вітчизняних та міжнародних стандартів, що передбачає оперування системою умовностей і спрощень. Основними завданнями здобувачів, що опановують інженерну графіку є не лише уявити форму деталі, але й проаналізувати її конструктивні особливості, вибрати раціональну систему видів, розрізів і перерізів, визначити оптимальний спосіб відображення інформації для виробничих потреб. Здобувачі першого (бакалаврського) рівня вищої освіти технічних спеціальностей нерідко стикаються з труднощами саме на цьому етапі, у зв'язку з недостатньо розвиненими навичками читання креслень [14]. Це доводить те, що рівень розвитку просторового мислення, закладений у нарисній геометрії, безпосередньо впливає на успішність в інженерній графіці. Особливою педагогічною цінністю інженерної графіки є розвиток вміння реконструювати тривимірний образ з обмеженого набору двовимірних зображень. Розуміння та аналіз креслень виконаних іншими здобувачами – це, фактично, відновлення авторського просторового задуму за залишеними «слідами» на площині, що є надзвичайно складною когнітивною дією. Систематичне виконання таких практичних робіт дає змогу сформувати у здобувачів не лише стійкі схеми просторового аналізу, але й розвивати у них автоматичне читання креслень.

Комп'ютерна графіка відкриває принципово нові можливості для розвитку просторового мислення, оскільки дозволяє здобувачам безпосередньо маніпулювати тривимірною моделлю в інтерактивному режимі. Системи автоматизованого проєктування надають користувачеві засоби для побудови параметричних 3D-моделей, виконання асоціативних видів і розрізів, аналізу масо-інерційних характеристик, перевірки на інтерференцію тощо. Визначено, що сучасні дослідження виявляють статистично значущий вплив 3D-моделювання на розвиток просторового мислення здобувачів порівняно з традиційними методами навчання [15]. Цифровий інструментарій дає змогу отримати миттєвий зворотний зв'язок, що забезпечує вищу інтенсивність тренування просторових операцій за одиницю навчального часу.

Аналіз специфіки кожного з трьох освітніх компонентів дозволяє зробити висновок про їх системну єдність у розвитку просторового мислення. Вони утворюють логічну тріаду, в якій кожний елемент виконує чітку функцію, підсилюючи ефект попереднього ОК і готуючи підґрунтя для наступного. Вивчення нарисної геометрії формує у здобувачів теоретичний апарат проєктування. На цьому етапі відбувається не лише розвиток вміння бачити просторові відношення, а й здатності доводити їхню правильність у рамках структурованої геометричної системи. Опанування інженерної графіки збагачує просторове мислення здобувача прагматичним виміром – він вчиться не лише уявляти просторові форми, а й доцільно відображати їх відповідно до вимог виробництва. Крім того, читання технічних креслень розвиває здатність до реконструкції просторового образу з обмеженої графічної інформації. На цьому рівні просторове мислення збагачується семіотичним компонентом, адже здобувач усвідомлює можливість «записувати» і «читати» тривимірний простір засобами умовної мови технічного рисунку. Комп'ютерна графіка переводить просторове мислення здобувача у цифровий простір, надаючи йому динамічності й варіативності, що дозволяє здобувачеві не лише мислити просторово, а й творити у просторі, експериментувати з формою, перевіряючи гіпотези, моделюючи поведінку об'єкта в різних умовах. Параметричне моделювання, зокрема, розвиває системне мислення, спонукаючи описувати форму не через конкретну геометрію, а через відношення і обмеження, що є вищим рівнем просторового абстрагування. Такий досвід недосяжний під час вивчення традиційних графічних освітніх компонентів.

Взаємодоповнювальність графічних дисциплін підтверджується на практиці, оскільки труднощі здобувачів технічних спеціальностей у їх засвоєнні часто зумовлені розривом між теоретичною базою нарисної геометрії і практичними навичками комп'ютерного моделювання. Це підтверджує потребу в методичній інтеграції трьох ОК у єдину систему графічної підготовки, де кожна наступна спирається на здобутки попередньої і водночас відкриває нові можливості для розвитку просторового мислення. Основною педагогічною умовою є забезпечення наступності між ОК, тому викладачі інженерної та комп'ютерної графіки мають спиратися на просторові операції, сформовані у нарисній геометрії, водночас ставлячи нові вимоги до просторового мислення здобувачів. Натомість на практиці ОК нерідко викладаються ізольовано, що знижує загальний розвивальний ефект графічної підготовки.

Теоретичне розуміння механізмів розвитку просторового мислення потребує конкретизації у методичних підходах.

Так, поетапне ускладнення просторових задач ґрунтується на концепції зони найближчого розвитку Л. С. Виготського, коли завдання мають стимулювати розумову активність, залишаючись доступними для виконання. У курсі нарисної геометрії це реалізується через поступовий перехід від задач на дві проекції до задач на перетин поверхонь, в інженерній графіці – від простих деталей до складних збірних одиниць. При цьому поетапність має стосуватися не лише складності геометричної форми, а й характеру просторових операцій: від аналізу на початкових етапах до синтезу і трансформації просторових образів на пізніших.

Задачний підхід передбачає постановку задач, що не мають єдиного способу розв'язання і вимагають просторового аналізу. Встановлено, що систематичне виконання спеціально відібраних просторових вправ, де здобувач не лише виконує завдання, а й усвідомлює власний шлях міркувань, статистично покращує показники просторового мислення [4, 14]. На відміну від репродуктивного навчання, цей підхід спонукає здобувача шукати власне рішення, активуючи наявні просторові схеми і операції.

Дослідження із використанням стандартизованих тестів просторового мислення засвідчило, що регулярна робота з 3D-моделями суттєво підвищує рівень просторових здібностей здобувачів порівняно з навчанням на площинних зображеннях [15]. Така тенденція зумовлена можливістю маніпулювати моделлю в реальному часі, отримуючи миттєвий зворотний зв'язок для коригування власних просторових уявлень. У методичному плані 3D-моделювання доцільно вводити поетапно, починаючи з перевірки результатів традиційних методів і поступово переходячи до його використання як самостійного інструменту проектування.

Технології віртуальної реальності мають значний потенціал для розвитку просторового мислення, а певні дослідження свідчать про покращення результатів тестів просторового мислення на 12% у здобувачів інженерних спеціальностей, які навчалися із застосуванням VR-компонента, порівняно з групою традиційного цифрового навчання [16]. Занурення у тривимірне інтерактивне середовище забезпечує якісно новий рівень просторового досвіду, адже здобувач не спостерігає за об'єктом ззовні, а перебуває всередині просторової ситуації, що активує ширший спектр когнітивних механізмів. Попри обмеження матеріально-технічної бази, педагогічна ефективність VR-технологій у розвитку просторового мислення є емпірично підтвердженою.

Проектна діяльність забезпечує інтеграцію знань і вмінь з усіх трьох графічних ОК, формуючи цілісне просторове мислення, а не окремі його аспекти. Виконуючи наскрізний проект, здобувач проходить повний цикл просторового проектування: формує задум, описує його засобами нарисної геометрії, фіксує в стандартизованому кресленні та реалізує у цифровій 3D-моделі. Такий підхід наближає навчання до реальної інженерної практики, надаючи просторовим навичкам практичного змісту.

Рефлексивні стратегії розвивають у здобувачів здатність усвідомлювати власні просторові стратегії та керувати ними. Запитання викладача і обговорення ходу розв'язання задачі формують метакогнітивні навички, підвищуючи загальну ефективність процесу навчання [4]. У контексті графічних дисциплін рефлексія може реалізовуватися через усне пояснення здобувачем власного просторового міркування при виконанні креслення або побудові 3D-моделі. Здобувач, який усвідомлює власний просторовий процес, може цілеспрямовано його вдосконалювати, що є вищим рівнем розвитку просторового мислення порівняно з несвідомим опануванням окремих прийомів.

Проведений теоретичний аналіз дозволяє сформулювати такі висновки. По-перше, просторове мислення є багатокомпонентним утворенням, що піддається цілеспрямованому педагогічному розвитку, що обґрунтовує доцільність свідомого проектування навчального процесу з графічних освітніх компонентів. По-друге, нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка утворюють системну тріаду, де кожний освітній компонент виконує специфічну функцію у розвитку просторового мислення, а їхня взаємодоповнювальність зумовлює необхідність методичної наступності між ними. По-третє, найефективнішим є поєднання поетапного ускладнення просторових задач, задачного підходу, 3D-моделювання, VR-технологій, проектною діяльністю та рефлексивних стратегій, а не їхнє ізольоване застосування. По-четверте, інтеграція традиційних і цифрових засобів навчання забезпечує розвиток усіх компонентів просторового мислення, поєднуючи теоретичну строгість нарисної геометрії з практичною орієнтованістю інженерної графіки та інтерактивністю комп'ютерного моделювання.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробці та апробації інтегрованої методики розвитку просторового мислення здобувачів технічних спеціальностей на основі наскрізного проєктування, яке охоплює всі три графічні освітні компоненти, а також у дослідженні диференційованого впливу різних методів навчання на окремі компоненти просторового мислення.

Використана література:

1. Яковенко О.В., Гуртовий Ю.В. Психолого-педагогічні аспекти та структура просторового мислення в курсі стереометрії. Наукові записки молодих учених. 2025. № 14. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/2173> (дата звернення: 27.04.2026).
2. Horvat M., Kuzma-Kachur M. Development of spatial thinking in the process of cultivating cartographic literacy in primary education learners. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series «Pedagogy and Psychology». 2025. Vol. 11. № 1. P. 32–40. DOI: 10.52534/msu-pp1.2025.32/
3. Desme C.J., Dick A.S., Hayes T.B., Pruden S.M. Individual differences in emerging adults' spatial abilities: What role do affective factors play? Cognitive Research: Principles and Implications. 2024. Vol. 9. P. 13. DOI: 10.1186/s41235-024-00538-w
4. Porat R., Ceobanu C. Enhancing spatial ability among undergraduate first-year engineering and architecture students. Education Sciences. 2024. Vol. 14. № 4. P. 400. DOI: 10.3390/educsci14040400
5. Zhu C., Leung C.O.-Y., Lagoudaki E., Velho M., Segura-Caballero N., Jolles D., Duffy G., Maresch G., Pagkratidou M., Klapwijk R. Fostering spatial ability development in and for authentic STEM learning. Frontiers in Education. 2023. Vol. 8. P. 1138607. DOI: 10.3389/educ.2023.1138607
6. He C., Chrastil E.R., Hegarty M. A new psychometric task measuring spatial perspective taking in ambulatory virtual reality. Frontiers in Virtual Reality. 2022. Vol. 3. P. 971502. DOI: 10.3389/frvir.2022.971502
7. Buckley J., Seery N., Cauty D. How can we best assess spatial skills? Journal of Intelligence. 2024. Vol. 12. № 1. DOI: 10.3390/jintelligence12010008
8. McNea C. Spatial assessment in technology and engineering education. European Journal of Engineering Education. 2025. DOI: 10.1080/03043797.2025.2572027
9. Breit M., Brunner M., Molenaar D., Preckel F. Differentiation hypotheses of intelligence: A systematic review of the empirical evidence and an agenda for future research. Psychological Bulletin. 2022. Vol. 148. № 7–8. P. 518–554. DOI: 10.1037/bul0000379
10. Lin T.J., Buckley J., Gumaelius L., Ampadu E. Locating the potential development of spatial ability in the Swedish national curriculum. Heliyon. 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e38356
11. Uttal D.H., McKee K., Simms N., Hegarty M., Newcombe N.S. How can we best assess spatial skills? Practical and conceptual challenges. Journal of Intelligence. 2024. Vol. 12. № 1. P. 8. DOI: 10.3390/jintelligence12010008
12. Thom J.S., McGarvey L.M., Markle J. Projective geometry and spatial reasoning for STEM learning. Frontiers in Education. 2024. Vol. 9. P. 1312845. DOI: 10.3389/educ.2024.1312845
13. Kadam K., Mishra S., Iyer S., Deep A. Unfolding learning difficulties in engineering drawing problem solving. Australasian Journal of Engineering Education. 2024. Vol. 29. № 1. P. 42–54. DOI: 10.1080/22054952.2024.2309703
14. Buckley J., Seery N., Cauty D. Students need more practice with spatial thinking in geoscience education: a systematic review of the literature. Studies in Science Education. 2022. Vol. 58. № 2. P. 147–204. DOI: 10.1080/03057267.2022.2029305
15. Šafhalter A., Glodež S., Šorgo A. et al. Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. International Journal of Technology and Design Education. 2022. Vol. 32. P. 167–184. DOI: 10.1007/s10798-020-09597-8
16. Kim J., Park H. Analysis of virtual reality teaching methods in engineering education: assessing educational effectiveness and understanding of 3D structures. Virtual Reality. 2024. Vol. 28. № 1. P. 15. DOI: 10.1007/s10055-024-01081-1

References:

1. Iakovenko O.V., Hurtovyi Yu.V. (2025) Psyholoho-pedahohichni aspekty ta struktura prostorovoho myslennia v kursy stereometrii. [Psychological and pedagogical aspects and the structure of spatial thinking in the stereometry course]. Naukovi zapysky molodykh uchenykh. 2025. № 14. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/2173> (data zvernennia: 27.04.2026). [in Ukrainian]
2. Horvat M., Kuzma-Kachur M. (2025) Development of spatial thinking in the process of cultivating cartographic literacy in primary education learners. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series «Pedagogy and Psychology». Vol. 11. № 1. P. 32–40. DOI: 10.52534/msu-pp1.2025.32/
3. Desme C.J., Dick A.S., Hayes T.B., Pruden S.M. (2024) Individual differences in emerging adults' spatial abilities: What role do affective factors play? Cognitive Research: Principles and Implications. Vol. 9. P. 13. DOI: 10.1186/s41235-024-00538-w
4. Porat R., Ceobanu C. (2024) Enhancing spatial ability among undergraduate first-year engineering and architecture students. Education Sciences. Vol. 14. № 4. P. 400. DOI: 10.3390/educsci14040400
5. Zhu C., Leung C.O.-Y., Lagoudaki E., Velho M., Segura-Caballero N., Jolles D., Duffy G., Maresch G., Pagkratidou M., Klapwijk R. (2023) Fostering spatial ability development in and for authentic STEM learning. Frontiers in Education. Vol. 8. P. 1138607. DOI: 10.3389/educ.2023.1138607
6. He C., Chrastil E.R., Hegarty M. (2022) A new psychometric task measuring spatial perspective taking in ambulatory virtual reality. Frontiers in Virtual Reality. Vol. 3. P. 971502. DOI: 10.3389/frvir.2022.971502
7. Buckley J., Seery N., Cauty D. (2024) How can we best assess spatial skills? Journal of Intelligence. Vol. 12. № 1. DOI: 10.3390/jintelligence12010008
8. McNea C. (2025) Spatial assessment in technology and engineering education. European Journal of Engineering Education. DOI: 10.1080/03043797.2025.2572027
9. Breit M., Brunner M., Molenaar D., Preckel F. (2022) Differentiation hypotheses of intelligence: A systematic review of the empirical evidence and an agenda for future research. Psychological Bulletin. Vol. 148. № 7–8. P. 518–554. DOI: 10.1037/bul0000379
10. Lin T.J., Buckley J., Gumaelius L., Ampadu E. (2024) Locating the potential development of spatial ability in the Swedish national curriculum. Heliyon. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e38356

11. Uttal D.H., McKee K., Simms N., Hegarty M., Newcombe N.S. (2024) How can we best assess spatial skills? Practical and conceptual challenges. *Journal of Intelligence*. Vol. 12. № 1. P. 8. DOI: 10.3390/jintelligence12010008
12. Thom J.S., McGarvey L.M., Markle J. (2024) Projective geometry and spatial reasoning for STEM learning. *Frontiers in Education*. Vol. 9. P. 1312845. DOI: 10.3389/educ.2024.1312845
13. Kadam K., Mishra S., Iyer S., Deep A. (2024) Unfolding learning difficulties in engineering drawing problem solving. *Australasian Journal of Engineering Education*. Vol. 29. № 1. P. 42–54. DOI: 10.1080/22054952.2024.2309703
14. Buckley J., Seery N., Cauty D. (2022) Students need more practice with spatial thinking in geoscience education: a systematic review of the literature. *Studies in Science Education*. Vol. 58. № 2. P. 147–204. DOI: 10.1080/03057267.2022.2029305
15. Safhalter A., Glodez S., Sorgo A. et al. (2022) Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. *International Journal of Technology and Design Education*. Vol. 32. P. 167–184. DOI: 10.1007/s10798-020-09597-8
16. Kim J., Park H. (2024) Analysis of virtual reality teaching methods in engineering education: assessing educational effectiveness and understanding of 3D structures. *Virtual Reality*. Vol. 28. № 1. P. 15. DOI: 10.1007/s10055-024-01081-1

O. Krykun. Spatial thinking development in technical students through graphic disciplines

The article examines the theoretical foundations and methodological approaches applied to the development of spatial thinking among students of technical specialties in the course of studying educational components, namely descriptive geometry, engineering graphics, and computer graphics. The relevance of the study is determined by the growing demands for spatial-analytical competencies of future engineers in the context of digitalisation of production and the widespread adoption of parametric design. Based on a psychological and pedagogical analysis, the concept of «spatial thinking» is defined within the framework of fundamental issues in developmental psychology and pedagogy; its structural components – spatial representation, spatial orientation, and spatial relations – are characterised with respect to their role in the professional training of engineers. The pedagogical potential of three graphic educational components that enable the purposeful development of students' spatial abilities is theoretically substantiated: descriptive geometry forms the basis of axiomatic and algorithmic thinking; engineering graphics develops the ability to encode and decode visual-spatial structures through standardised technical documentation; computer graphics enables direct manipulation of three-dimensional models in an interactive real-time mode. The interdependent and complementary nature of these educational components within the system of graphic training is revealed: they form a logical triad in which each subsequent component builds upon the achievements of the previous one. Contemporary methodological approaches to the development of spatial thinking are analysed, and it is established that, in order to form and enhance spatial thinking among students of technical specialties, a purposeful combination of traditional and digital learning tools is advisable, ensuring methodological continuity between educational components.

Key words: *spatial thinking, descriptive geometry, engineering graphics, computer graphics, graphic disciplines, technical education, 3D modeling, spatial abilities, methodological approaches, higher education institution.*

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
CC BY 4.0