

УДК 378.147:373.3.011.3-051

DOI 10.31494/2412-9208-2021-1-3-142-149

## STEM COMPETENCIES: ESSENCE AND STRUCTURE

### STEM-КОМПЕТЕНТНОСТІ: СУТНІСТЬ ТА СТРУКТУРА

**Oľha PYLYPENKO,**

Computer science teacher

**Ольга ПИЛИПЕНКО,**

викладач комп'ютерних дисциплін

[banadaolga96@gmail.com](mailto:banadaolga96@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-0493-8429>

*SSS "Kryvyi Rih Professional College of Economics and Management of the SHEI "Kyiv National Economic University named after V. Hetman",*

*ВСП "Криворізький фаховий коледж економіки та управління ДВНЗ "Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана",*

✉ 37A, Vatutin St., Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region, 50096

✉ вул. Ватутіна, 37А, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50096

*Original manuscript received: October 07, 2021*

*Revised manuscript accepted: December 15, 2021*

#### ABSTRACT

*The article is devoted to the research of the problem of modeling the structure and content of mathematical competence and competence in the field of science, technology and engineering (STEM-competences) of students. The author notes that the problem of active creative development of students who are able to mobilize knowledge in practice and quickly adapt to unusual situations is relevant for Ukraine today. This leads to the search for high quality education at all levels. A possible solution to this problem is the organization of STEM-learning, which requires the formation of students' STEM-competencies.*

*The author analyzes the existing in scientific publications and official documents definitions of the concepts of purview, competence, STEM-competence. The components of STEM-competence, including cognitive, reflexive-analytical, operational-activity, value-motivational, are clarified. The article identifies the main components of STEM-competence, which consists of the ability to identify the problem, the ability to reason logically, justify their actions, understand and analyze different points of view in solving problems, the ability to unconventionally solve problems, analyze and evaluate results, formulate research tasks and identify ways to solve it, apply knowledge in different life situations. It was found that the methods aimed at the formation of STEM-competence of students should be based on the application of competence, activity and systematic approaches to the organization of learning.*

*The paper emphasizes that the key competencies for the state standard of basic secondary education in Ukraine are based on the recommendations of the Council of the European Union. The author compares the key competences for lifelong learning in Ukraine and the European Union, discusses in detail the skills and attitudes associated with STEM competence. It was found that mathematical competence and competence in the field of science, technology and engineering in the European Union are distinguished as a whole, unlike Ukraine.*

**Key words:** *purview, competence, key competencies, STEM competency, STEM-education.*

**Вступ.** Суспільство потребує людей, здатних до активного творчого розвитку, які вміють мобілізувати знання на практиці та швидко адаптуватися до нестандартних ситуацій. Сьогодення стикається з дефіцитом фахівців, обізнаних у науковій сфері, готових брати участь в інноваційних процесах і забезпечити стабільний розвиток суспільства в майбутньому. STEM-освіта є одним із найважливіших напрямів реформування української освіти, саме формування в учнів STEM-компетентностей повинно подолати прірву між освітою і вимогами сучасного життя.

Поняття «компетенція» та «компетентність» були предметом наукових досліджень відомих російських та українських учених-педагогів Н. Бібік, І. Зимньої, А. Маркової, Г. Селевко, А. Хуторського та інших, і становлять основу досліджень цих явищ. Різні аспекти STEM-компетентностей фахівців різного профілю досліджували Н. Балик, О. Барна, Х. Джан, Н. Поліхун, К. Постова, Г. Шмигер та інші науковці. Мета і завдання статті полягає в здійсненні аналізу наявних у наукових публікаціях та офіційних документах означень понять компетенція, компетентність, STEM-компетентності; з'ясуванні змісту та структури останнього поняття, а також здійсненні порівняння ключових компетентностей в Україні та ЄС.

**Методи та методики дослідження.** Аналіз, узагальнення, систематизація теоретичних положень, розкритих в офіційних документах, науковій та навчально-методичній літературі, а також узагальнення власного педагогічного досвіду.

**Результати та дискусії.** Часто слова «компетенція» та «компетентність» використовують як синоніми і в певних сполученнях заміняють їх одне одним, однак між ними є відмінність. «Компетенція» в перекладі з латинської мови означає коло питань, у яких людина добре обізнана, володіє знаннями і досвідом. На думку доктора педагогічних наук Г. Селевко (1998), компетенція – це готовність суб'єкта ефективно організувати внутрішні і зовнішні ресурси для постановки і досягнення мети. Під внутрішніми ресурсами розуміються знання, вміння, навички, надпредметні вміння, компетентності (способи діяльності), психологічні особливості, цінності та ін.

Закон України «Про освіту» надає таке визначення компетентності: «Компетентність – динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність» (стаття 1.1.15). У Концепції нової української школи компетентність розглядається як «поєднання знань, способів мислення, поглядів, цінностей, навичок, умінь, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність», це поняття ширше та включає в себе компетенції як коло явищ, питань, у яких людина компетентна, тобто обізнана, авторитетна, має відповідний рівень пізнання й досвід [Нова українська школа:12].

Компетентність часто тлумачать через усталені поняття: «здатність до», «комплекс умінь», «готовність до», «знання в дії», «спроможність» та ін. Як впливає із зазначеного вище, компетентність – цілісна, тобто ні знання, ні вміння, ні досвід діяльності самі по собі не є компетентністю. За своєю суттю поняття «компетентність» є значно ширшим від поняття «компетенція».

Основні (або ключові) компетентності – це ті, які необхідні всім громадянам для особистої реалізації та розвитку, активного громадянського життя, соціальної єдності та можливості працевлаштування. Під ключовими компетентностями розуміють найбільш універсальні за своїм характером і ступенем застосування компетентності. Їх формування здійснюється в рамках кожного навчального предмета, по суті, вони – надпредметні.

Державний стандарт базової середньої освіти в Україні ґрунтуються на рекомендаціях Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу щодо ключових компетентностей для навчання протягом усього життя. Зробивши порівняння переліку ключових компетентностей за державним стандартом України та за рекомендацією Ради Європейського Союзу (табл. 1), дійшли до висновку, що списки компетенцій мають багато спільного, але в Україні перелік є більш розширеним. У ЄС математичну компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії виділяють як єдине ціле, на відміну від України.

*Таблиця 1*

**Порівняння переліку ключових компетентностей за державним стандартом України та за рекомендацією Ради ЄС**

Ключові компетентності України (від 30 вересня 2020 року)	Ключові компетентності Європейського Союзу (від 22 травня 2018 року)
вільне володіння державною мовою	багатомовна компетентність
здатність спілкуватися рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами	грамотність
математична компетентність	математична компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії (STEM-компетентність)
компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій	
інформаційно-комунікаційна компетентність	цифрова компетентність
громадянські та соціальні компетентності	громадянська компетентність
	особистісна, соціальна компетентність та вміння вчитися
культурна компетентність	культурна обізнаність та самовираження
підприємливість і фінансова грамотність	підприємницька компетентність
навчання впродовж життя	
інноваційність	
екологічна компетентність	

Акронім STEM розшифровується як Science, Technology, Engineering, Math, тобто поєднання наукового підходу, сучасних технологій, інженерних навичок та математичного апарату в процесі вивчення навчальних предметів. STEM-навчання реалізується шляхом формування відповідних STEM-компетентностей. Згідно з проектом концепції STEM-освіти в Україні, STEM-компетентності і навички (competencies & skills) уважають як динамічну систему знань і умінь, навичок і способу мислення, цінностей і особистісних якостей, які визначають здатність до інноваційної діяльності: готовність до розв'язання комплексних задач, критичне мислення, креативність, організаційні здібності, уміння працювати в команді, емоційний інтелект, оцінювання і прийняття рішень, здатність до ефективної взаємодії, уміння домовлятися, когнітивна гнучкість.

Розглянувши детально уміння та порівняння, пов'язані з математичною компетентністю та компетентністю у галузі науки, техніки (інженерії) та технологій за державним стандартом базової середньої освіти України та за рекомендацією Ради Європейського Союзу, зробили узагальнення та виклали в таблиці 2.

Таблиця 2

**Порівняння умінь та ставлень пов'язаних з STEM-компетентністю за державним стандартом України та за рекомендацією Ради ЄС**

Компетентність	Визначення і роль
<i>За державним стандартом базової середньої освіти України</i>	
Математична компетентність	<p>Здатність розвивати і застосовувати математичні знання та методи для розв'язання широкого спектра проблем у повсякденному житті; моделювання процесів та ситуацій із застосуванням математичного апарату; усвідомлення ролі математичних знань і вмінь в особистому та суспільному житті людини.</p> <p>Уміння: оперувати текстовою та числовою інформацією, установлювати причинно-наслідкові зв'язки, перетворювати інформацію з однієї форми в іншу; встановлювати кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності; створювати і досліджувати найпростіші математичні моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретувати та оцінювати результати; застосовувати логічні способи мислення; використовувати математичні методи в життєвих ситуаціях.</p> <p>Ставлення: готовність шукати пояснення та оцінювання правильності аргументів; усвідомлення важливості математики як мови науки, техніки та технологій; усвідомлення ролі і значення точності та правильності вимірювань, обчислень і розрахунків для проектування і виготовлення виробів; усвідомлення значення математики для повноцінного життя в сучасному суспільстві, розвитку технологічного, економічного й оборонного потенціалу держави, успішного вивчення інших предметів.</p>

<p>Компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій</p>	<p>Формування наукового світогляду; здатність і готовність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методологій для пояснення світу природи; набуття досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації; розуміння змін, зумовлених людською діяльністю; відповідальність за наслідки такої діяльності.</p> <p>Уміння: класифікувати об'єкти, явища природи, технологічні процеси; використовувати наукові знання, здобутки техніки і технологій для розв'язання проблем; робити висновки на основі міркувань та свідчень; обґрунтовувати рішення; формулювати гіпотези, збирати дані, здійснювати експерименти, аналізувати і узагальнювати результати проектно-технологічної діяльності; використовувати наукові методи для розв'язання задач прикладного змісту засобами цифрових технологій; критично оцінювати наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища.</p> <p>Ставлення: прагнення поглиблювати уявлення про цілісну наукову картину світу для суспільно-технологічного розвитку; критичне оцінювання досягнень науково-технічного прогресу, здобутків природничих наук і технік; емоційно-ціннісне сприйняття природи та її пізнання для успішного життя в соціоприродному середовищі; усвідомлення значення технологій у повсякденному житті; визнання цінності природних ресурсів для сьогодення та майбутніх поколінь і їх раціональне використання.</p>
<p><i>За рекомендацією Ради Європейського Союзу</i></p>	
<p>Математична компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії (STEM-компетентність)</p>	<p>А. Математична компетентність – це здатність застосовувати логіко-математичне мислення для вирішення проблем у повсякденному житті. Передбачає здатність і бажання застосовувати логічне та просторове мислення, а також презентації.</p> <p>Б. Компетенція в науці – це здатність і бажання використовувати знання та методологію для пояснення природного світу. Компетенції в технології та інженерії це здатність застосовувати знання та методології з метою задовольнити людські потреби. Компетентність у науках, технологіях та інженерії (STE) передбачає розуміння змін, спричинених діяльністю людини, та її особисту відповідальність за наслідки таких змін.</p> <p>Вміння: А. Математична компетентність передбачає вміння математично обґрунтовувати, розуміти математичні докази і спілкуватися математичною мовою; застосовувати базові математичні принципи і процеси у контексті повсякденного життя. Б. Вміння у в STE включають організацію процесу вивчення природи через контрольовані експерименти, застосування принципів наукового дослідження, здатність використовувати технологічні інструменти і машини, а також наукові дані для досягнення мети або отримання доказового рішення.</p> <p>Ставлення: А. Позитивне ставлення до математики</p>

	ґрунтується на повазі до істини і готовності шукати причини та оцінювати їхню дійсність. Б. Компетентність в STE включає такі ставлення: цікавість, турбота про етичні проблеми, підтримка безпеки та екологічної стійкості, зокрема критичне оцінювання впливу технологічного прогресу на особистість, сім'ю, спільноту та світ загалом. Усвідомлення впливу науки, техніки, інженерії та діяльності людини загалом на природу.
--	--

З вищезазначеного можемо зробити висновок, що хоч в Європейському Союзі STEM-компетентність відносять до ключових, але уміння та ставлення розділяють окремо для математичної компетентності і окремо для компетентності в науці, технологіях та інженерії, як і в Україні. Також хочемо зазначити, що зміст умінь та ставлень за державним стандартом базової середньої освіти України та за рекомендацією ради Європейського Союзу можна вважати однаковим.

Українські науковці Н. Балик, О. Барна, Г. Шмигер та В. Олексюк (2018) розробили модель STEM-компетентностей для професійної підготовки вчителів та навчання протягом усього життя, яка включає чотири компоненти: вирішення проблем, робота з людьми, робота з технологіями, робота з організаційною системою. У свою чергу, зазначені компоненти поділяються на три сфери STEM-компетентностей: навички, знання, робоча діяльність.

Американський науковець Х. Джан (2015) провів дослідження, визначив важливі STEM-компетентностей та оцінив актуальність чинних рамок, що застосовуються в освіті, використовуючи стандартизовану базу даних, присвячену конкретним вакансіям, яка управляється та ведеться Міністерством праці США.

У складі STEM-компетентності науковці Н. Поліхун, К. Постова, І. Сліпухіна, Г. Онопченко та О. Онопченко (2019:19) виділяють характерні специфічні компоненти, до яких належать такі: когнітивна як характеристика особистості в контексті пізнавальної та творчої активності; рефлексивно-аналітична, яка відображає готовність до аналізу власної діяльності й оцінювання досягнених результатів, здатність здійснювати добір найбільш ефективних технологій, оцінювати ступінь ризиків тощо; операційно-діяльнісна як здатність до добору засобів, способів і технологій конструювання, моделювання та проектування розв'язання практичних завдань відповідно до специфіки цілей і змісту певної професійної діяльності; ціннісно-мотиваційна – здатність до стійкої внутрішньої мотивації, цілеспрямованої активності, ставлення до майбутньої професійної діяльності, творчого саморозвитку тощо.

З іншого боку, у структурі STEM-компетентності відповідно до рівнів та етапів проведення наукового дослідження й інженерного дизайну виокремлюють такі складові (Поліхун Н., Постова К., Сліпухіна І., Онопченко Г. & Онопченко О., 2019:19): науково-дослідницьку – рівень наукових знань і сформованості дослідницьких умінь та навичок; проектно-конструкторську – здатність до проектування на основі обґрунтованого використання сучасних технологій і засобів; інформаційну – розуміння

процесу добору, засвоєння, опрацювання та трансформації даних, які дають змогу прогнозувати, генерувати, приймати та реалізовувати оптимальні рішення; організаційно-управлінську – здатність до створення умов для діяльності, організації роботи та взаємодії в команді, оцінювання якості здобутого результату тощо; технологічну – здатність використовувати основні закони та сучасні способи діяльності, що зорієнтовані на інновації. Отже, методики, які спрямовані на формування STEM-компетентності учнів, мають ґрунтуватися на застосуванні компетентнісного, діяльнісного та системного підходів до організації навчання, яке зорієнтоване на розв'язання реальної суспільно важливої проблеми.

**Висновки.** Отже, державний стандарт базової середньої освіти в Україні щодо ключових компетентностей для навчання протягом усього життя ґрунтується на рекомендаціях Ради Європейського Союзу. Але в Європейському Союзі математичну компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії виділяють як єдине ціле, на відмінну від України. В Україні STEM-компетентності тлумачать як динамічну систему знань і умінь, навичок і способу мислення, цінностей і особистісних якостей, які визначають здатність до інноваційної діяльності. STEM-компетентності виявляються в здатності визначити проблему, умінні логічно розмірковувати, обґрунтовувати свої дії, розуміти та аналізувати різні точки зору у вирішенні проблем, вмінні нетрадиційно вирішувати проблему, здійснювати аналіз та оцінку отриманих результатів, формулювати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення, застосовувати знання в різних життєвих ситуаціях. Подальшого дослідження потребує проблема визначення рівнів та критеріїв розвитку STEM-компетентностей та розроблення діагностичного інструментарію для визначення досягнутого учнем рівня розвитку.

#### Література

Закон України «Про освіту». URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 17.08.2021).

Нова українська школа : poradnik dla vchytelja / заг. ред. Н. М. Бібік. Київ : ТОВ «Видавничий дім «Плеяди», 2017. 206 с.

Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В., Онопченко О. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів : метод. реком. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.

Проект концепції STEM-освіти в Україні. URL : [http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM\\_2017.pdf](http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf) (дата звернення: 26.03.2018).

Селевко Г. К. Современные образовательные технологии : учеб. пособие. Москва, 1998.

Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of professional retraining of teachers based on the development of STEM competencies. *ICT in Education, Research and Industrial Applications* : Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Proc. 14th Int. Conf. ICTERI 2018. P. 440-450. URL : <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/12341>.

Jang H. Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*. 2015. Vol. 25, Issue: 2, P. 284-301.

## References

- Zakon Ukrainy "Pro osvitu" [Law of Ukraine "On Education"]. (2017). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> [in Ukrainian].
- Bibik, N. M. (Ed.). (2017). *Nova ukrainska shkola* [New Ukrainian school]. Kyiv: TOV "Vydavnychiy dim "Pleiady" [in Ukrainian].
- Polikhun, N. I., Postova, K. H., Slipukhina, I. A., Onopchenko, H. V., Onopchenko, O. V. (2019). *Uprovadzhennia STEM-osvity v umovakh intehtratsii formalnoi i neformalnoi osvity obdarovanykh uchniv* [Introduction of STEM-education in the conditions of integration of formal and non-formal education of gifted students]. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy [in Ukrainian].
- Proiekt kontseptsii STEM-osvity v Ukraini* [Draft concept of STEM education in Ukraine]. (2017). Retrieved from [http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM\\_2017.pdf](http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf) [in Ukrainian].
- Selevko, G. K. (1998). *Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii* [Modern educational technologies]. Moskva: Narodnoe obrazovanie [in Russian].
- Balyk, N., Barna, O., Shmyger, G., & Oleksiuk, V. (2018). *Model of professional retraining of teachers based on the development of STEM competencies*. Retrieved from <http://dSPACE.tnpu.edu.ua/handle/123456789/12341>.
- Jang, H. (2015). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 25, 2, 284-301.

## АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена дослідженню проблеми моделювання структури та змісту математичної компетентності та компетентності у галузі науки, технологій та інженерії (STEM-компетентностей) учнів. Автором зазначено, що для України сьогодні актуальною постає проблема активного творчого розвитку учнів, які вміють мобілізувати знання на практиці та швидко адаптуватися до нестандартних ситуацій. Це зумовлює пошук забезпечення високої якості освіти на всіх рівнях. Можливим рішенням цієї проблеми є організація STEM-навчання, що вимагає формування в учнів STEM-компетентностей.

Автором здійснено аналіз наявних у наукових публікаціях та офіційних документах визначень понять компетенція, компетентність, STEM-компетентності. З'ясовано компоненти STEM-компетентності, серед яких когнітивна, рефлексивно-аналітична, операційно-діяльнісна, ціннісно-мотиваційна. У статті визначено основні складові STEM-компетентності, яка складається зі здатності визначити проблему, умінні логічно розмірковувати, обґрунтовувати свої дії, розуміти та аналізувати різні точки зору у вирішенні проблем, вмінні нетрадиційно вирішувати проблему, здійснювати аналіз та оцінку отриманих результатів, формулювати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення, застосовувати знання в різних життєвих ситуаціях. З'ясовано, що методики, які спрямовані на формування STEM-компетентності учнів, мають ґрунтуватися на застосуванні компетентнісного, діяльнісного та системного підходів до організації навчання.

У роботі наголошується, що ключові компетентності в державному стандарті базової середньої освіти в Україні ґрунтуються на рекомендаціях Ради Європейського Союзу. Автором здійснено порівняння ключових компетентностей для навчання протягом усього життя в Україні та в Європейського Союзу, детально розглянуто уміння та ставлення пов'язані з STEM-компетентністю. Виявлено, що математичну компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії в Європейському Союзі виділяють як єдине ціле, на відміну від України.

**Ключові слова:** компетенція, компетентність, ключові компетентності, STEM-компетентності, STEM-освіта.