

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-17>

УДК 371.53

**Саланда Іванна Петрівна**, к.т.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0002-0555-6548>**Фурман Олена Андріївна**, к.п.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0002-3175-1814>**Бабій Надія Василівна**, к.т.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0003-2239-2220>**Галаган Ігор Михайлович**, к.п.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0002-0555-6548>**Клак Дмитро Сергійович**, викладач,<https://orcid.org/0000-0001-8289-0366>

Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка, м. Кременець, Україна

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ КЛЮЧОВИХ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ДЛЯ УЧАСНИКІВ СУЧАСНОГО ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Саланда І.П., Фурман О.А., Бабій Н.В., Галаган І.М., Клак Д.С. Розробка моделі ключових STEM-компетентностей для учасників сучасного освітнього процесу. У даній статті запропоновано модель ключових STEM-компетентностей, а саме: вирішення проблем, інновації та креативність, комунікація, критичне мислення, метакогнітивні навички, співпраця, саморегуляція та дисциплінарна компетенції. Ці вісім основних компетентностей є надзвичайно важливими в STEM-освіті, оскільки мають наскрізний характер, охоплюють різні сфери STEM і є корисними в різних контекстах протягом усього життя. Також вони відповідають Концепції розвитку природничо-математичної освіти.

**Ключові слова:** STEM-освіта, компетентності, компетенції, навички, концепція.

Salanda I.P., Furman O.A., Babii N.V., Galagan I.M., Klak D.S. Development of a model of key STEM competencies for participants in the modern educational process. This article proposes a model of key STEM competencies, namely: problem solving, innovation and creativity, communication, critical thinking, metacognitive skills, collaboration, self-regulation, and disciplinary competence. These eight core competencies are extremely important in STEM education because they are cross-cutting in nature, span different STEM fields, and are useful in different contexts throughout life. They also correspond to the Concept of Development of Science and Mathematics Education.

**Keywords:** STEM education, competencies, competencies, skills, concept.

### Постановка проблеми

Відновлення, розвиток та конкурентоспроможність національної економіки, забезпечення обороноздатності нашої держави ставить перед сферою освіти завдання щодо генерування нових ідей і знань, створення нових технологій, розв'язання проблем, що можливо досягнути шляхом впровадження практико-орієнтованого навчання, створення на заняттях проблемних ситуацій для самостійного здобуття необхідних знань у процесі їх вирішення.

Розвиток ІТ-галузі, робототехніки, нанотехнологій призводить до потреби у фахівцях високотехнологічних галузей, здатних до комплексної науково-інженерної діяльності, тому актуальним є вирішення питання щодо надання якісної освіти учнівству з природничо-математичних дисциплін, інженерії, програмування. Освіта повинна бути випереджувальною, відповідати тенденціям розвитку суспільства в майбутньому, тому особлива увага на сьогодні приділяється інноваційному напрямку STEM-освіті. (лист ІМЗО 2022)

Акронім STEM (S-science, T-technology – E-engineering – M-mathematics) вживається для позначення популярного напрямку в освіті, що охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering) та математику (Mathematics). Його використання посилює в навчальних програмах природничо-науковий компонент та інноваційні технології, причому навіть при вивченні творчих, мистецьких дисциплін. (?)

STEM-освіта зародилась у США — ще в 90-х рр ХХ ст. І в наш час професії STEM користуються тут найбільшим попитом. Більше того, їх називають професіями майбутнього, небезпідставно вважаючи, що це один із найефективніших підходів до освіти. Адже STEM — це не лише програмування, кодування, інженерія та навички роботи в команді. Це й конкурентні переваги для побудови кар'єри в таких гостро актуальних сферах діяльності як біохімія, біоінженерія, астрофізика, геологія, стратегічний менеджмент.

Найбільшу кількість випускників, що здобули вищу освіту по програмі STEM, мають Китай та Індія. США — лише на третьому місці. Дослідження показують, що випускники STEM

користуються значно вищим попитом серед роботодавців, тож відповідно — отримують значно вищу зарплатню та можуть вибирати для себе сприятливіші умови праці. Розвиток STEM у світі також є однією з пріоритетних цілей стійкого розвитку Ради Європейського та Європейського Парламенту.

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Занепокоєння щодо того, чому студенти повинні навчитися для успішної реалізації в майбутньому, були основною метою національних і міжнародних політичних організацій протягом останніх двох десятиліть (Європейська комісія 2007; Європейська комісія 2019; OECD, 2018 [1]). У багатьох країнах національні органи управління навчальними програмами почали охоплювати ширші навчальні цілі, включаючи знання, навички, компетентності, ставлення, цінності та етику. На початку 21 століття широко застосовувалося поняття «навички», але в останні роки з'явився термін ключові «компетентності», які необхідні для успішного життя та функціонування суспільства.

Важливим є сучасне розуміння понять «навички», «компетенції» і «компетентності». Мати навичку, як правило, означає виконання певної дії з певним ступенем майстерності, роблячи це добре, а не погано – це означає, що існують ступені майстерності, і що навички можна навчитися та вдосконалити. Однак використання терміна «навички» або навіть «ключові навички» часто можна тлумачити як редукціоністське й не повне охоплення того, що означає добре виконувати ці дії [2]. Отже, терміни «компетенції» та «компетентності» є більш ширшими в описі того, що потрібно для життя та зростання в складному, пов'язаному суспільстві.

На міжнародному рівні, наприклад, як в OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development – Організація економічного співробітництва та розвитку)[1], так і в Міжнародному бюро освіти/ЮНЕСКО [3] є групи, які працюють над тим, як найкраще концептуалізувати ключові компетентності в рамках навчальних програм. Хоча ключові компетентності часто замінюють на ключові навички, вони мають різне значення, зокрема, з точки зору їхньої спрямованості на дії у відповідь на вимоги ситуації з використанням знань як ключового компоненту, який інформує про дію. Згідно з визначенням DeSeCo (Definition and Selection of Competencies – Визначення та вибір Компетентностей) від OECD, компетенція включає – попередні знання, пов'язані з контекстом, когнітивні навички, практичні навички, соціальні навички, емоції, ставлення, цінності – скоординовані так, щоб дати людині змогу діяти відповідно до конкретного запиту [4].

Розглянемо детально певні визначення згідно Європейської рамки кваліфікацій.

Набір знань, навичок та/або компетентність – це те, що особа набула та/або здатна продемонструвати після завершення процесу навчання. Результати навчання – це твердження про те, що учень повинен знати, розуміти та/або вміти робити наприкінці періоду навчання [5, с.11].

«.. компетентність — це більше, ніж просто знання та навички. Вона передбачає здатність задовольняти складні вимоги, залучаючи та мобілізуючи психосоціальні ресурси (включаючи навички та ставлення) у певному контексті. Наприклад, здатність ефективно спілкуватися є компетентностями, які можуть спиратися на знання мови, практичні навички ІТ і ставлення до тих, з ким він або вона спілкується» [6, с. 4].

В Європейському Союзі STEM-компетентність – математичну компетентність та компетентність у науках, технологіях та інженерії (Mathematical competence and competence in science, technology and engineering) відносять до ключових компетентностей єдиним цілим, але визначення і роль розділяють окремо для математичної компетентності і окремо для компетентності в науці, технологіях та інженерії, як і в Україні.

Автори Балік Н., Барна О., Шмигер Г. та Олексюк В. в роботі [7] 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. В свою чергу зазначені компоненти поділяються на три сфери STEMкомпетентностей: навички, знання, робоча діяльність.

Представники Національної академії педагогічних наук України Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпучіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко визначають STEM-компетентність як динамічну систему знань, умінь, навичок і способу мислення, цінностей й особистісних якостей, які визначають здатність до інноваційної діяльності [8]. А також виділяють компоненти цієї компетентності, до яких належать: когнітивна, як характеристика особистості в контексті пізнавальної та творчої активності; рефлексивно-аналітична, яка відображає готовність до аналізу власної діяльності й оцінювання досягнутих 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, як здатність до стійкої внутрішньої мотивації, цілеспрямованої активності, ставлення до майбутньої професійної діяльності, творчого саморозвитку тощо.

#### **Розробка моделі ключових STEM-компетентностей**

Дослідники Дублінського університету проаналізували літературу за останні 10 років та виявили 243 конкретні навички та компетентності STEM-освіти. У роботі [9] запропонована класифікація цих навичок у вісім категорій, які разом визначають основні STEM-компетентності в концептуальній структурі STEM-освіти:

- **Цифрове вирішення проблем.** Вирішення проблем – можна визначити як процес пошуку рішень проблем. Навчальні програми STEM-освіти повинні надавати здобувачам досвід, який включає діяльність з вирішення проблем, що допоможе розвинути STEM-навички. Цифрове вирішення проблем стосується включення навчальних дій, завдань та оцінювання, які вимагають від учнів визначення та вирішення технічних проблем або творчого перенесення технологічних знань у нові ситуації. Важливість розвитку таких навичок є очевидною [10-11].

- **Інновації та креативність.** Здобувачів будь-якого віку слід надихати бути інноваційними та підприємливими у своєму підході до генерування ідей та їх застосування для вирішення проблем. Це життєво важливо для розробки стійких відповідей на найскладніші виклики суспільства. Освіта STEM відіграє тут особливу роль, оскільки вона може сприяти розвитку творчих здібностей учнів, виховуючи та надихаючи їх почуття допитливості [12].

- **Комунікація.** Незаперечним є те, що спілкування є не лише невід'ємною частиною соціальних стосунків, але й значною частиною успіху в усіх аспектах життя, включно з професійним контекстом [13]. Складні комунікаційні та соціальні навички включають в себе навички обробки та інтерпретації як вербальної, так і невербальної інформації від інших, щоб відповідати належним чином [14].

- **Критичне мислення.** Важливість навчитися критично мислити, аналізувати та синтезувати інформацію для вирішення міждисциплінарних проблем, а також співпрацювати та продуктивно працювати з іншими в групах є важливими навичками для ефективної участі в суспільстві [15]. У цифровому та пов'язаному світі, де швидко створюється нова інформація, розвиток критичних навичок ніколи не був настільки важливим.

- **Метакогнітивні навички.** Метакогніція визначається як наукове дослідження уявлень індивіда про його чи її власні знання. Метакогнітивні навички відносяться до здатності розмірковувати над власним мисленням і міркуваннями, а також до вибору та стратегічного використання інструментів (технологічних та інших) [16]. Розвиток метакогнітивних навичок потребує більшої уваги, якщо врахувати, що метапізнання та емоції відіграють вирішальну роль у здатності учнів контролювати та регулювати своє навчання.

- **Співпраця** означає роботу з кимось для створення чогось, і це може бути пов'язано з іншими навичками та компетентностями або впливати на них. Співпраця може відбуватися між здобувачами, здобувачами та викладачами, викладачами, викладачами та університетами, університетами та галузями промисловості. Співпраця з однолітками може допомогти учням успішно виконувати складні завдання та вийти за межі їх поточного рівня знань, а також є ключем до розвитку метакогнітивних знань [17]. Європейська комісія (2019) підкреслює роль і важливість співпраці як наскрізної компетентності, формуванні якої можна сприяти за допомогою цифрових інструментів і мереж.

- **Саморегуляція** стосується самоуправління та саморозвитку, які включають особистісні навички, необхідні для роботи віддалено, у віртуальних командах; працювати автономно; мати самомотивацію та самоконтроль [12]. Одним із аспектів самоуправління є бажання та здатність здобувати нову інформацію та навички [18]. Крім того, соціальні та емоційні навички, такі як емпатія, самосвідомість, повага до інших і здатність до спілкування, стають важливими, оскільки класи та робочі місця стають більш етнічними, культурними та мовними. Досягнення в школі та за її межами також залежить від низки соціальних та емоційних навичок, таких як наполегливість, ефективність, відповідальність, допитливість та емоційна стабільність [1].

- **Дисциплінарна компетентність.** Дисциплінарні знання та навички стосуються не лише компетенцій із кожної дисципліни окремо, а й комбінації цих дисциплін. Європейська комісія розглядає компетенцію STEM, яка включає знання, навички та ставлення до дисциплін STEM, як

основну компетенцію навчання впродовж життя (Європейська комісія, 2019). Проектування навчального досвіду, який залучає студентів до автентичних, реальних проблем дизайну, сприяє розвитку цих дисциплінарних знань і основних навичок між об'єднаними дисциплінами STEM [19].

Наведені вище конкретні навички та компетенції STEM, що класифіковані у вісім категорій, визначено разом як ключові STEM-компетенції. Враховуючи зазначене вище, запропоновано наступну модель ключових STEM-компетентностей (рис. 1).

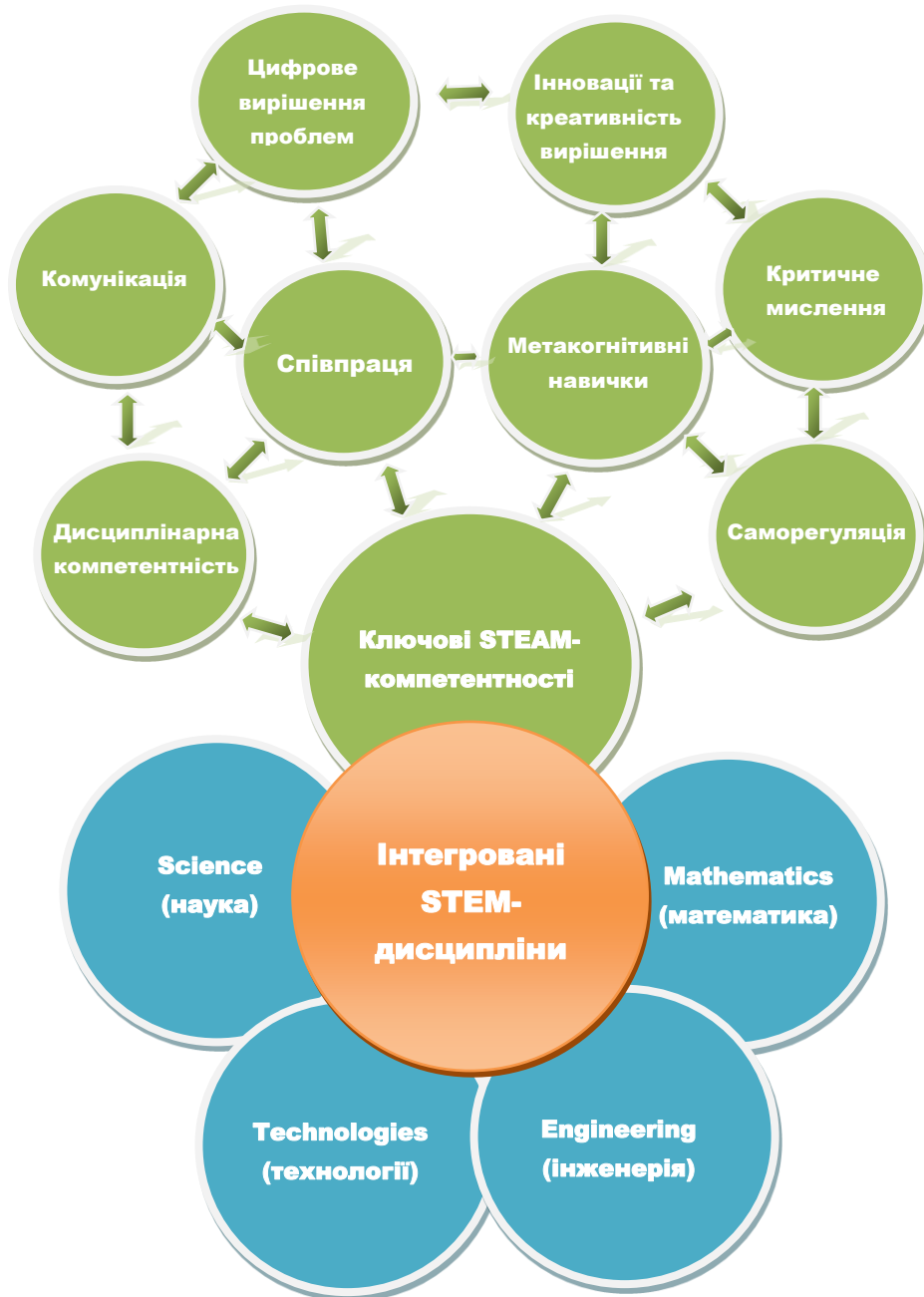


Рис.1 Модель ключових STEM-компетентностей

Ці вісім основних компетентностей є надзвичайно важливими в STEM-освіті, оскільки мають наскрізний характер, охоплюють різні сфери STEM і є корисними в різних контекстах протягом усього життя. Вони відповідають Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (схвалено розпорядженням КМУ від 5 серпня 2020 р. № 960-р). Адже згідно з Концепцією, навчальні методики та навчальні програми STEM-освіти мають бути спрямовані на формування компетентностей, актуальних на ринку праці. Зокрема, це критичне, інженерне і

алгоритмічне мислення, навички оброблення інформації й аналізу даних, цифрова грамотність, креативні якості та інноваційність, навички комунікації.

**Висновки.** В роботі розроблено модель ключових компетентностей, а саме: вирішення проблем, інновації та креативність, комунікація, критичне мислення, метакогнітивні навички, співпраця, саморегуляція, дисциплінарна компетенції та визначено їх разом ключові STEM-компетенції. Враховуючи те, що STEM є суперечливим поняттям, специфічним для контексту, з різними рушійними силами та обмеженнями в різних соціально-політичних контекстах, даний набір навичок допоможе усім учасникам сучасного освітнього процесу (з різних закладів освіти, регіонів, видів освіти та рівнів) однаково розуміти навчальну сферу та її передбачувані цілі.

Дана модель задовольняє вимогам Концепції розвитку природничо-математичної освіти, що схвалена розпорядженням КМУ від 5 серпня 2020 р. № 960-р та відповідає ключовим компетентностям за державним стандартом України та за рекомендацією Ради ЄС.

Подальшого дослідження потребує проблема розробки діагностичного інструментарію та керівних принципів для ефективного формування та підсумкового оцінювання, які всебічно використовуватимуть цифрові технології. Деякі з цих системних проблем широкомасштабного впровадження STEM-освіти на всіх складниках та рівнях освіти (зокрема НУШ) можна було б пом'якшити, якщо політики прийняли б узгоджену детальну концептуальну основу, яка окреслює взаємозв'язок між кожною з чотирьох дисциплін науки, технології, інженерії та математики та практичну інтеграцію між ними.

#### Список бібліографічного опису

1. OECD (2018). The future of education and skills 2030: The future we want. Paris: OECD. (<http://www.oecd.org/education/2030/oecd-education-2030-position-paper.pdf>) <http://www.oecd.org/education/school/Flyer-The-Future-of-Education-and-Skills-Education-2030.pdf>.
2. McGuinness, C. (2018). Informed Analysis of 21st Century Competencies in a Redeveloped Primary Curriculum. Final Report. <https://ncca.ie/media/4307/research-informed-analysis-of-21st-centurycompetencies-in-a-redeveloped-curriculum.pdf>
3. Marope, M., Griffin, P., & Gallagher, C. (2017). Future competences and the future of the curriculum. Geneva: International Bureau of Education/UNESCO. ([http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future\\_competences\\_and\\_the\\_future\\_of\\_curriculum.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future_competences_and_the_future_of_curriculum.pdf))
4. Rychen, D.S., & Salganik, L.H. (Eds.). (2003). Key competencies for a successful life and a well-functioning society. Göttingen, Germany: Hogrefe & Huber.
5. ENCoRE, (2005). Commission Staff Working Document Towards A European Qualifications Framework For Lifelong Learning. [http://www.encore-edu.org/ENCoRE-documents/consultation\\_eqf\\_en.pdf](http://www.encore-edu.org/ENCoRE-documents/consultation_eqf_en.pdf)
6. OECD, DeSeco. (2005). Definition and Selection of Key Competencies-Executive Summary. <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/02>
7. 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>.
8. Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпучіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 80 с.
9. Butler., D., McLoughlin E., O'Leary, M., Kaya, S., Brown, M. & Costello, E. (2020). Towards the ATS STEM Conceptual Framework. ATS STEM Report #5. Dublin: Dublin City University.
10. Carretero, S.; Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, EUR 28558 EN, doi:10.2760/38842
11. Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site).
12. Lin, H. & Wang, M-J. (1994) Creativity Assessment Packet. Taipei: Psychological Publishing Co.
13. Atkinson, R. D. (2012). Why the current education reform strategy won't work. Issues in Science and Technology, 28(3), 29-36. <https://issues.org/atkinson-7/>
14. Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA press.
15. Eguchi, A., & Uribe, L. (2017). Robotics to promote stem learning: Educational robotics unit for 4th grade science. In 2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (pp. 186-194). IEEE. doi: 10.1109/ISEC.2017.7910240
16. Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N., & Skinner, E. A. (2014). A Common Measurement System for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. Studies in Educational Evaluation, 40, 18–35. doi: 10.1016/j.stueduc.2013.11.005
17. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/18612>
18. Houston J. (2007) Future Skill Demands, from a Corporate Consultant Perspective; Presentation at the Workshop on Research Evidence Related to Future Skill Demands, National Research Council.
19. Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W.,

Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaere, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 2. doi: 10.20897/ejsteme/85525  
20. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.

#### References

1. OECD (2018). The future of education and skills 2030: The future we want. Paris: OECD. (<http://www.oecd.org/education/2030/oecd-education-2030-position-paper.pdf>) <http://www.oecd.org/education/school/Flyer-The-Future-of-Education-and-Skills-Education-2030.pdf>.
2. McGuinness, C. (2018). Informed Analysis of 21st Century Competencies in a Redeveloped Primary Curriculum. Final Report. <https://ncca.ie/media/4307/research-informed-analysis-of-21st-centurycompetencies-in-a-redeveloped-curriculum.pdf>
3. Marope, M., Griffin, P., & Gallagher, C. (2017). Future competences and the future of the curriculum. Geneva: International Bureau of Education/UNESCO. [http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future\\_competences\\_and\\_the\\_future\\_of\\_curriculum.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/future_competences_and_the_future_of_curriculum.pdf)
4. Rychen, D.S., & Salganik, L.H. (Eds.). (2003). Key competencies for a successful life and a well-functioning society. Gottingen, Germany: Hogrefe & Huber.
5. ENCoRE, (2005). Commission Staff Working Document Towards A European Qualifications Framework For Lifelong Learning. [http://www.encore-edu.org/ENCoRE-documents/consultation\\_eqf\\_en.pdf](http://www.encore-edu.org/ENCoRE-documents/consultation_eqf_en.pdf)
6. OECD, DeSeco. (2005). Definition and Selection of Key Competencies-Executive Summary. <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/02>
7. 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.tpu.edu.ua/handle/123456789/12341>.
8. N. I. Polihun, K. G. Postova, I. A. Slipukhina, G. V. Onopchenko, O. V. Onopchenko. Implementation of STEM education in conditions of integration of formal and informal education of gifted students: methodical recommendations. Kyiv: Institute of the Gifted Child of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2019. – 80 p.
9. Butler, D., McLoughlin E., O'Leary, M., Kaya, S., Brown, M. & Costello, E. (2020). Towards the ATS STEM Conceptual Framework. ATS STEM Report #5. Dublin: Dublin City University.
10. Carretero, S.; Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, EUR 28558 EN, doi:10.2760/38842
11. Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site).
12. Lin, H. & Wang, M-J. (1994) Creativity Assessment Packet. Taipei: Psychological Publishing Co.
13. Atkinson, R. D. (2012). Why the current education reform strategy won't work. *Issues in Science and Technology*, 28(3), 29-36. <https://issues.org/atkinson-7/>
14. Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA press.
15. Eguchi, A., & Uribe, L. (2017). Robotics to promote stem learning: Educational robotics unit for 4th grade science. In 2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (pp. 186-194). IEEE. doi: 10.1109/ISECon.2017.7910240
16. Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N., & Skinner, E. A. (2014). A Common Measurement System for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluation*, 40, 18–35. doi: 10.1016/j.stueduc.2013.11.005
17. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/18612>
18. Houston J. (2007) Future Skill Demands, from a Corporate Consultant Perspective; Presentation at the Workshop on Research Evidence Related to Future Skill Demands, National Research Council.
19. Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaere, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 2. doi: 10.20897/ejsteme/85525
20. Concept of development of science and mathematics education (STEM-education). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>