

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КЛАСИЧНИЙ ПРИВАТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ВАЛЬКО Наталія Валеріївна

УДК 378:37.011.3-051:5:004.9

ДИСЕРТАЦІЯ

Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних
дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності

13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

13 – Педагогічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Н. В. Валько

Науковий консультант: Осадчий Вячеслав Володимирович, доктор
педагогічних наук, професор

Запоріжжя – 2020

АНОТАЦІЯ

Валько Н. В. Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.04 «Теорія і методика професійної освіти». – Херсонський державний університет, Класичний приватний університет, Запоріжжя, 2020.

У дисертації вперше на основі системного наукового аналізу розглянуто питання підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. У результаті дослідження було доведено, що сучасні цивілізаційні процеси в Україні та світі демонструють різке посилення впливу інформаційного й технологічного чинників у суспільних відносинах. При цьому їх роль, абстрактна та футуристична ще на початку ХХІ ст., нині поступово починає зростати майже в кожній суспільній і виробничій галузі, зокрема в освіті. Саме тут спостерігаються швидка модернізація та оновлення процесуальних і цільових орієнтирів педагогічного впливу, частиною яких є STEM технології – унікальний освітній феномен, який формально інтегрує глобальні досягнення в сучасній науці, технологіях, інженерії та математиці.

Показано, що в Україні зазначені процеси мають свою історію перемог та поразок, що пов'язано, зокрема, із суттєвими коливаннями якості професійної діяльності вчителів природничо-математичних дисциплін. Обґрунтовано, що вона останнім часом стає умовою конкурентоспроможності держави в боротьбі за економічні позиції в Європі та світі, відтак використання STEM технологій у шкільному педагогічному процесі може стати чинником відродження особистого

інтересу учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) до технологічних інновацій тощо.

Наведені аргументи засвідчили необхідність посилення професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з орієнтацією на формування в них готовності до застосування сучасних технологічних рішень STEM-освіти, а також якнайширшого розв'язання низки суперечностей, зокрема: між суспільними вимогами до насичення освітнього процесу сучасними технологіями й неготовністю системи освіти до швидкої корекції ціннісних орієнтирів пересічного викладача на їх використання; між фрагментарністю й відокремленістю вивчення окремих дисциплін у професійній підготовці майбутнього вчителя та цілісністю й інтегрованістю наукового пізнання через практику STEM-освіти; між необхідністю вивчення й урахування індивідуальних особливостей і вподобань здобувачів природничо-математичної освіти та традиційно деперсоналізованими методами, формами й засобами їх навчання; між загальною світовою тенденцією гендерного вирівнювання впливу жінок і чоловіків у сфері техніки й технології та надто повільним наслідкуванням цього процесу в системі вищої освіти України, де професію вчителя обирають здебільшого дівчата, а розробниками технологій та оригінальних інженерних рішень є переважно хлопці.

Провідна ідея дослідження полягає в необхідності організації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на засадах теорії поколінь, пріоритетності проєктних та проблемно зорієнтованих методів навчання, пов'язаних з освітньою робототехнікою, а також забезпечення їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

Розроблена концепція відтворює такі характеристики досліджуваного феномену: 1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти; 2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-

математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійної діяльності.

Характерними *особливостями професійної діяльності* вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти показано таке: необхідність активного й широкого використання науково-дослідної діяльності учнів шляхом виконання різноманітних проєктів, найважливішими з яких є пов'язані з освітньою робототехнікою; професійна діяльність учителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти не обмежується викладанням природничо-математичних дисциплін у школі, а охоплює значну позашкільну роботу (екскурсії, квести, конкурси, фестивалі, хакатони, практикуми тощо); у позашкільній роботі важливу роль відіграє Мала академія наук, яка здійснює регулярне навчання дослідницького спрямування за багатьма напрямками, у тому числі із STEM-дисциплін. Важлива роль інформаційних та STEM технологій, які є усюдисущими при викладанні природничо-математичних дисциплін, виконанні проєктів, а також їх застосування в позашкільний час.

Визначено, що процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій доцільно реалізувати в п'ять етапів: початковий, ознайомлювальний, квазіпрофесійний, професійно-практичний та підсумковий, – кожен з яких має власну мету й завдання.

Для реалізації цієї послідовності підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

визначено сукупність форм, методів (технологій) та засобів навчання. Серед *форм навчання* виокремлено фронтальні, групові, індивідуальні; освітні події, лекційні, семінарські заняття, майстер-класи, а також програму самонавчання, що передбачає участь здобувачів освіти в конкурсах і фестивалях, пов'язаних зі STEM-освітою. У ході підготовки майбутніх учителів будуть використані проєктна технологія, проблемно-пошуковий, системно-діяльнісний та дослідницький методи. При цьому *основними засобами* будуть: освітні робототехнічні конструктори, моделі, вимірювальні комплекси, електронні віртуальні лабораторії, цифрові пристрої та прилади, онлайн-сервіси підтримки STEM-освіти тощо. Разом з тим, визначено необхідність розробки нових інноваційних засобів навчання, пов'язаних із теоретичними та практичними аспектами підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, які будуть реалізовані у вигляді дисциплін і спецкурсів за вибором, а також майстер-класів та позанавчальної діяльності здобувачів вищої освіти. Не менш необхідним є оновлення змісту технічних і фундаментальних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін із зміщенням акцентів на STEM-освіту. Визначено, що *результатом* процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відповідна *готовність*, яка включає в себе *педагогічну й технологічну структурні складові*, кожна з яких характеризують *знансвий, діяльнісний і ціннісно-мотиваційний* змістові компоненти.

На основі визначеної методології дослідження та авторського бачення досліджуваного феномену сформовано сукупність з *дванадцяти принципів*, дотримання яких сприятиме ефективній реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, яка включає принцип персоналізації, принцип свідомої пізнавальної діяльності,

принцип самоорганізації, принцип формування ціннісних орієнтацій, принцип співробітництва й наставництва, принцип діалогічності, принцип інтегративності (інтеграції), принцип трансдисциплінарності, принцип зв'язку навчання із життям, принцип значущості результатів навчання для особистості, принцип зворотного зв'язку та принцип постійного контролю.

Для реалізації авторського задуму розроблено *структурно-функціональну модель*, яка є графічним відображенням системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. У структурі розробленої моделі виділено три підсистеми: проєктивно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну.

Серед організаційно-педагогічних умов, що забезпечують ефективність реалізації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, визначено: 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій; 2) реалізацію майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проєктів з робототехніки; 3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

Педагогічний експеримент з перевірки ефективності моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності проведено протягом 2015–2020 рр., до нього були залучені 378 студентів Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДПУ), Бердянського

державного педагогічного університету (БДПУ), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (ВДПУ), Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (ЛНУ), Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (ХНПУ), Класичного приватного університету (м. Запоріжжя) (КПУ).

Результати педагогічного експерименту засвідчили, що на констатувальному етапі експерименту за жодною структурною складовою готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін між контрольною та експериментальною групами не було статистично значущої різниці при порівнянні рівнів готовності за критерієм Пірсона (критерій χ^2) та критерієм Фішера ($\alpha=0,05$), а на контрольному етапі експерименту порівняння рівнів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін експериментальної та контрольної груп і за критерієм Пірсона (критерій χ^2), і за критерієм Фішера ($\alpha=0,05$) виявило статистично значущі відмінності між ними. Такі результати педагогічного експерименту дають підстави стверджувати, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій в експериментальній групі відбулася ефективніше, ніж у контрольній, що підтверджує ефективність авторської структурно-функціональної моделі системи та визначених організаційно-методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Ключові слова: STEM технології, STEM-освіта, майбутні вчителі, природничо-математичні дисципліни, саморозвиток, професійна діяльність, система підготовки.

ABSTRACT

Valko N. V. The system of preparation of future teachers of natural sciences and mathematical disciplines to apply STEM technologies in their professional activity. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of pedagogical sciences on a specialty 13.00.04 «Theory and a technique of professional education». – Kherson State University, Classical Private University, Zaporozhye, 2020.

For the first time, using the system of scientific analysis the author of the dissertation considers the issues concerning the preparation of future teachers of natural sciences and mathematics to apply STEM technologies. As a result of the research it was proved that modern civilizational processes in Ukraine and in the whole worldwide demonstrate a sharp increase in the influence of information and technological factors on public relations. At the same time, their role, abstract and futuristic at the beginning of the XXI century, is now gradually penetrating every social and industrial sector, in particular, education. It is obvious that there is a rapid modernization and renewal of procedural and target guidelines of pedagogical influence, part of which is STEM technology which is a unique educational phenomenon that formally integrates global advances in modern science, technology, engineering and mathematics.

It is shown that in Ukraine these processes have their own history of fails and success, which is associated, in particular, with significant fluctuations in the quality of professional activity of teachers of natural sciences and mathematics. It is proved that the high teaching standard has recently become a key condition which enables the country to compete in the struggle for economic positions in Europe and in the world, so the use of STEM technologies in the school pedagogical process may be a crucial factor to revive the personal interest of students of secondary education (ZZSO) in technological innovations.

The given arguments indicate the need to strengthen the training of future teachers of natural sciences and mathematics with a focus on formation of willingness to apply modern technological solutions STEM-education, as well as complete resolution of all possible contradictions, including: the contradictions between social requirements of fast implementation of modern technologies into the educational process and the fact that the education system is not ready to promptly instill these values and objectives into the professional activity of an average teacher. There is another concern caused by the fragmentary and detached way in which certain disciplines are studied during the professional training of future teachers and the integrity of scientific knowledge in the practice of STEM education; between the need to study and take into account the individual characteristics and preferences of students of natural and mathematical education and traditionally depersonalized methods, formats and content of their education; between the general global trend of gender equalization of women's and men's influence in the field of engineering and technology and too slow implementation of these principles in the teaching practice of the higher education institutions of Ukraine, where the teaching profession is predominantly chosen by girls whereas developers of technology and original engineering solutions are mostly boys.

The key idea of the study is the need to organize the process of training of future teachers of science and mathematics to apply STEM technologies based on generational theory, the priority of design and problem-oriented teaching methods related to educational robotics, as well as ensuring their social interaction in the professional environment.

The developed concept reproduces the following characteristics of the studied phenomenon: 1) the features of professional activity of the teacher of natural and mathematical disciplines in the conditions of STEM-education; 2) the features of the process of training future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies; 3) the main stages of the process of preparation of future teachers of natural sciences and mathematics for the use of

STEM technologies; 4) a set of organizational and methodological principles that will ensure the effective implementation of the process of professional training of future teachers of natural sciences and mathematics for the use of STEM technologies; 5) author's vision of the results of preparation of the future teacher of natural and mathematical disciplines for the application of STEM technologies in professional activity.

Characteristic features of professional activity of teachers of natural sciences and mathematics in the conditions of STEM-education include the necessity of active and wide use of research activity of pupils by participating in various projects, the most important of which are those connected with educational robotics; the professional activity of a teacher of natural sciences and mathematics in STEM education is not limited to teaching science and mathematics at school, but it covers significant extracurricular activities (excursions, quests, competitions, festivals, hackathons, workshops, etc.); An important role in extracurricular activities is played by the Small Academy of Sciences, which regularly conducts research in many areas, including STEM disciplines. The important role of information and STEM technologies, which are ubiquitous in the teaching of natural sciences and mathematics, project implementation, as well as their application in extracurricular activities.

It is determined that the process of preparing future teachers of natural sciences and mathematics for the use of STEM technologies should be implemented in five stages: initial, introductory, quasi professional, professional and practical and final - each of them has its own purpose and objectives.

To implement this sequence of preparation of future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies, a set of forms, methods (technologies) and teaching aids has been chosen. The forms of education can be frontal, group, individual; and can include educational events, lectures, seminars, workshops, as well as a self-study program that involves students in competitions and festivals related to STEM education. During the training of future teachers, project technology, problem-solving, system-activity and

research methods will be used. The main tools will be educational robotics design set, models, measuring systems, electronic virtual laboratories, digital devices and instruments, online services to support STEM education, etc. At the same time, it is obvious that there is a need in development of new innovative teaching aids related to theoretical and practical aspects of training future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies, which will be implemented in the form of disciplines and optional special courses, as well as workshops and extracurricular activities of students for higher education institution. It is also necessary to update the content of technical and fundamental disciplines of professional training of future teachers of natural sciences and mathematics with a shift of emphasis on STEM-education. It is determined that the result of the process of preparation of future teachers of natural sciences and mathematics for the application of STEM technologies in professional activities is the appropriate level of readiness, which includes pedagogical, technological and structural integral parts, each of them has knowledge, activity and motivation components.

Based on the specified research methodology and the author's vision of the phenomenon under study, a set of twelve principles was formed, the implementation of the principles will contribute to the effectiveness of the training system enabling future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies in their professional activities. The system comprises the principle of formation of value orientations, the principle of cooperation and mentoring, the principle of dialogue, the principle of integration, the principle of transdisciplinarity, the principle of connection of learning with life, the principle of significance of learning outcomes for an individual, the principle of feedback and the principle of ongoing control.

A structural and functional model was developed to implement the author's idea, the model is a graphical representation of the system of training future teachers of natural sciences and mathematics to apply STEM technology, its purpose, conceptual, theoretical and methodological principles, stages of

organization and their tasks, organizational and pedagogical conditions, and criteria and levels for assessing the readiness of future teachers of natural sciences and mathematics to apply STEM technology in professional activities. In the structure of the developed model there are three subsystems: project and target-orientation, organization and activity and analysis and effectiveness.

Among the organizational and pedagogical conditions that ensure the effectiveness of the process of training future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies are identified the following: 1) updating the content of professional training of future teachers of natural sciences and mathematics to use STEM technologies; 2) implementation by future teachers of natural and mathematical disciplines of STEM-projects in robotics; 3) ensuring during the training of future teachers of natural sciences and mathematics their social interaction in a professional environment.

A pedagogical experiment to test the effectiveness of the model of training future teachers of science and mathematics to apply STEM technologies to professional activities was conducted during 2015–2020, it involved 378 students of Kherson State University (KSU), Melitopol State Pedagogical University (MSPU), Berdyansk State Pedagogical University (BSPU), Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky (VSPU), State Institution "Luhansk National University named after Taras Shevchenko" (LNU), Kharkiv National Pedagogical University named after GS Skovoroda (KhNPU), Classical Private University (Zaporizhzhya) (CPU).

The results of the pedagogical experiment showed that at the ascertaining stage of the experiment there was no statistically significant difference in the structural component of readiness of future teachers of natural sciences and mathematics between the controlled and experimental groups when comparing the level of readiness according to Pearson's criterion (criterion χ^2 and Fisher's criterion ($\alpha = 0.05$), and at the control stage of the experiment comparing the levels of readiness of future teachers of natural sciences and mathematics disciplines of the experimental and control groups and Pearson's test

(criterion χ^2) and Fisher's test ($\alpha = 0.05$) revealed statistically significant differences. Such results of the pedagogical experiment suggest that the training of future teachers of science and mathematics to use STEM technologies in the experimental group was more effective than in the controlled group, which confirms the effectiveness of the author's structural and functional model of the system and certain organizational and methodological principles of training future teachers of mathematical disciplines to the application of STEM technologies in professional activities.

Key words: STEM technologies, professional training, future teachers, natural science and mathematics, system, organizational and pedagogical conditions.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Монографія

1. Валько Н. В. Теоретичні та методологічні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій : монографія / за ред. В. В. Осадчого. Херсон : Айлант, 2020. 436 с.

Статті в наукових фахових виданнях, що індексуються у Scopus, WoS, категорії А та зарубіжному

2. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. Bridging the Generation Gap in ICT Education. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2013. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. C. Mayr, M. Nikitchenko, A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2013. Vol. 412. Springer, Cham. 2013. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03998-5_12. *Особистий внесок здобувача:*

проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.

3. Valko N., Kushnir N., Manzhula A. Future and Experienced Teachers Should Collaborate on ICT Integration. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2014. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. Mayr, M. Nikitchenko, A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2014. Vol. 469. Springer, Cham. P. 217–237. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13206-8_11. *Особистий внесок здобувача: проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.*

4. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Litvinenko O. The Experience of the Master Classes as a Means of Formation of Readiness of Teachers to Implement Innovation. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2016. Communications in Computer and Information Science* / A. Ginige et al. (eds.). 2017. Vol. 783. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69965-3_11. *Особистий внесок здобувача: відбір завдань і вправ для майстер-класів, робота над програмою майстер-класу, аналіз анкет респондентів та обробка результатів опитування.*

5. Goncharenko T., Kushnir N., Valko N., Osipova N. Activity Plan Template for Supporting Study Science with Robotics and Programming. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2393. P. 132–143. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_257.pdf. *Особистий внесок здобувача: опис методики й особливостей програми підготовки та проведення занять з робототехніка й програмування; підбір авторських програм з програмування.*

6. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Experience of Foundation STEM-School. *Proceedings of 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings*. 2018. Vol. 2104. P. 431–446. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_241.pdf. *Особистий внесок здобувача: опис програми курсів для літнього інтенсиву в частині методичних основ вивчення програмування; розробка та аналіз анкет у частині встановлення стану проблеми підготовки учителів до впровадження STEM-освіти.*

7. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. New Approaches of Teaching ICT to Meet Educational Needs of Net Students Generation. *Proceedings of the 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR-WS*. 2013. Vol. 1000. P. 195–208. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-195-208.pdf>. *Особистий внесок здобувача: розробка та аналіз анкет у частині визначення академічної й професійної спрямованості студентів і їх мотивацій, поінформованості щодо розвитку кар'єри (досвіду).*

8. Spivakovskiy O., Kushnir N., Valko N., Vinnyk M. ICT Advanced Training of University Teachers. *13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. P. 176–190. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000176.pdf>. *Особистий внесок здобувача: визначення структури й функціональності інструментів підтримки роботи викладача; розробка та наповнення методичними матеріалами тематичних блоків «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу», «Дистанційне навчання як елемент освітнього середовища сучасного університету».*

9. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Determining the Level of Readiness of Teachers to Implementation of STEM-Education in Ukraine. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR*

Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2393. P. 144–155. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_369.pdf. *Особистий внесок здобувача: загальна постановка питання та аналіз статистичних даних з актуальності питання STEM-освіти; визначення пізнавальної діяльності та різних організаційних форм STEM-навчання; проведення експерименту.*

10. Valko N. Teachers' Training System of Natural and Mathematical Disciplines of Ukraine in STEM-education. *European science review. Premier Publishing s.r.o.* Vienna. 2019. № 9–10. P. 32–34. URL: <https://doi.org/10.29013/ESR-19-9.10-32-34>.

11. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Design of the educational environment for STEM-oriented learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. Vol. 75. № 1. P. 316–330. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3213>. *Особистий внесок здобувача: розробка моделі освітнього середовища STEM-орієнтованого навчання; визначення умов його функціонування, структури взаємодії учасників у ньому; наведення прикладів проєктів, які виконують у межах інтегрованих занять, і характеристика етапів проєктної діяльності.*

Статті в наукових фахових виданнях України

12. Валько Н. В. Аналіз освітніх програм навчання майбутніх учителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок*. 2019. № 10 (177). С. 101–106. URL: http://mr.dspu.edu.ua/publications/2019/10_177_2019.pdf.

13. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 3. С. 9–20. URL: <http://eprintsmdpu.org.ua/>

14. Валько Н. В. Аналіз та перспективи підготовки майбутніх учителів інтегрованого курсу «Природничі науки». *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні*

науки. 2019. Вип. 2. С. 170–178. URL: <http://pedagogy.bdpu.org/wp-content/uploads/2019/10/19.pdf>.

15. Валько Н. В. Компетентнісний підхід до формування STEM-культури майбутніх учителів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. № 5 (1187). С. 23–31.

16. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Kuzmich L. Review of trends, approaches and perspective practices of STEM-education for training center opening. *Informational Technologies in Education*. 2017. Vol. 31. P. 69–80.
Особистий внесок здобувача: створення інтерактивної карти робототехнічних та STEM-центрів України; доповнення переліку освітніх активностей зі STEM-освіти; опис методичних застосувань робототехнічних конструкторів та створення відповідних розділів дистанційного курсу.

17. Валько Н. В. STEM-освіта вчителів у країнах Сходу та Австралії. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2018. № 61. С. 36–47.
URL: <http://library.uipa.edu.ua/resources/engineers-pedagogik/zbirnik-naukovikh-prats.html>.

18. Валько Н. В. Визначення STEM-культури як складової професійної культури на основі аналізу наукових досліджень. *Педагогічні науки* : зб. наук. пр. 2018. № 84. Т. 2. С. 78–82.

19. Валько Н. В. Побудова моделі STEM-навчання засобами нейронних мереж. *Педагогічний альманах* : зб. наук. пр. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2019. С. 128–135.

20. Валько Н. В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 40. С. 38–47. URL: http://ite.kspu.edu/issue_40/p-38-47.

21. Валько Н. В. Побудова моделі особистісно-орієнтованого STEM-навчання. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. *Педагогіка формування творчої особистості у*

вищій і загальноосвітній школах. Запоріжжя, 2019. Вип. 67. С. 147–151.
URL: <http://pedagogy-journal.kpu.zp.ua/>

22. Валько Н. В. Проектно-дослідна складова STEM-навчання на прикладі створення моделі безпілотного транспорту. *Вісник Запорізького національного університету*. 2019. Вип. 2 (33). С. 9–12. URL: <http://visnykznu.org/issues/2019/2019-ped-2/3.pdf>.

23. Валько Н. В. Стан реалізації STEM-освіти майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у Європейському союзі. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. 2018. Вип. № (62). Т. 2. С. 52–58. URL: http://mdu.edu.ua/?page_id=1502.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

24. Валько Н. В., Кушнір Н. А., Манжула А. М. Принципы создания современного курса для студентов педагогических специальностей: личностно-ориентированный подход. *Інформаційні технології в освіті*. 2013. Вип. 15. С. 263–275. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_15_33. *Особистий внесок здобувача: проведення аналізу результатів опитування; класифікація результатів за категоріями; створення звіту опитування; формулювання висновків.*

25. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Вінник М. О. Підвищення кваліфікації викладачів університету як елемент розвитку інформаційно-освітнього середовища університету. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2016. Вип. 2. С. 194–208. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/47>. *Особистий внесок здобувача: створення програми підвищення кваліфікації в частині «Сервіси Google у навчальному процесі» та «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу»; розробка структурно-логічної схеми та її наповнення; проведення анкетування й обробка результатів.*

26. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Model of organization of the university ecosystem for the development of STEM-education. *Informational Technologies in Education*. 2018. № 4 (37). P. 77–92. URL: http://ite.kspu.edu/issue_37/p-77-92. *Особистий внесок здобувача: розробка Положення про STEM-школу; формулювання мети й завдань STEM-школи; розробка програми літніх курсів у частині занять з робототехніки; проведення воркшопів для вчителів та аналіз результатів опитування.*

27. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень – шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Вісник Херсонського Національного технічного університету*. 2019. № 2 (69). Ч. 2. С. 280–287. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова математичних моделей окремих економічних задач.*

28. Валько Н., Болгарін Т., Валько К.. Моделювання руху безпілотного транспорту на базі Arduino. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2019. Vol. 7. № 4, Dec. P. 1–9. DOI:10.32919/uesit.2019.04.01. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова методології дослідження; створення плану робіт та контроль за проєктною діяльністю.*

29. Валько Н. В., Кушнір Н. О. Гнучкість ІКТ-підготовки майбутніх учителів під впливом швидких змін цифрового світу. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2015. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2015_1_6. *Особистий внесок здобувача: удосконалення розробленого курсу відповідно до сучасних технологічних вимог.*

30. Кушнір Н. О., Валько Н. В., Осипова Н. В., Кузьмич Л. В. Відкриті освітні ресурси для організації навчання у контексті STEM-освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2017. Вип. 3. С. 247–255.

Особистий внесок здобувача: опис переліку онлайн-сервісів для впровадження STEM-освіти.

31. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Осипова Н. В. Інноваційні методи, засоби та форми організації навчального процесу у STEM освіті. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти* : матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2016 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2016. С. 41–48. *Особистий внесок здобувача: аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем впровадження інноваційних форм організації навчального процесу для реалізації завдань STEM-освіти.*

32. Осипова Н. В., Кушнір Н. О., Валько Н. В. STEM-освіта: підвищення професійної компетентності вчителів фізики, математики та інформатики / XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) : зб. тез (18–22 вересня 2017 р., м. Херсон). Херсон : ХНТУ, 2017. С. 80. *Особистий внесок здобувача: теоретичний аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем впровадження STEM-освіти; розробка тематики семінарів у частині «Середовище Scratch», «Освітня робототехніка».*

33. Осадчий В. В., Валько Н. В. Практичний досвід створення освітнього STEM-середовища. *Цифрова освіта в природничих університетах* : тези V Міжнар. наук. конф. / НУБІП, м. Київ, Україна, 17–18 жовтня 2018 р. Київ, 2018. С. 90–92. *Особистий внесок здобувача: формулювання передумов і принципів успішного впровадження STEM-освіти; визначення мети, завдань та напрямів роботи STEM-школи.*

34. Валько Н. В., Осадчий В. В. Адаптивна система впровадження STEM-освіти у закладах вищої освіти. *Тези IV Міжнародної конференції з адаптивних технологій управління навчанням ATL 2018, м. Одеса 24–26 жовтня 2018 р.* Одеса, 2018. С. 139–141. *Особистий внесок здобувача:*

визначення шляхів побудови освітнього STEM-середовища; робота над програмою курсів підвищення кваліфікації та її наповнення.

35. Валько Н. В. Зарубіжний досвід підготовки вчителів в умовах впровадження STEM-освіти. *STEM-освіта: стан упровадження та перспективи розвитку* : тези IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 8–9 листопада 2018 р.). Київ, 2018. С. 9–11. URL: <https://imzo.gov.ua/2018/11/13/vidbulasia-iv-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiia-stem-osvita-stand-vprovadzhennia-ta-perspektyvy-rozvytku/>

36. Осипова Н. В., Кушнір Н. А., Валько Н. В., Давиденко Е. А. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти* : матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2018 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2018. С. 56–61. *Особистий внесок здобувача: аналіз додатків віртуальної реальності для здійснення STEM-навчання.*

37. Валько Н. В. Опанування навичок створення програм у середовищі Scratch. *Проблеми математичної освіти (ПМО-2019)* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 12–12 квітня 2019 р.). Черкаси, 2019. С. 239–240. URL: <http://difur.in.ua/wp-content/uploads/2019/04/pmo-2019.pdf>.

38. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Матеріали міжнародної наукової конференції МКММ*. Херсон, 2019. С. 65. *Особистий внесок здобувача: формулювання тверджень, що є ефективними носіями міжпредметних зв'язків основних математичних дисциплін, а також пошук відповідних математичних моделей у прикладних науках.*

39. Валько Н. В. Реалізація STEM-освіти засобами освітньої робототехніки. *Передові освітні практики: Україна, Європа, Світ* :

матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (16–17 листопада 2019 р., м. Київ). Київ, 2019. С. 384–388.

40. Валько Н. В., Кузьмич Л. В., Абдуллаєва Н. П. Визначення системи мотиваційних факторів до вивчення STEM-дисциплін. *Інформаційні технології та взаємодії*: матеріали доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (20 грудня, м. Київ). Київ, 2019. С. 351–353. *Особистий внесок здобувача: формулювання загальної методології дослідження та обробка результатів опитування.*

Навчально-методичне видання

41. Валько Н. В., Савченко О. Г., Кузьмич Л. В., Кавун Г. М. Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни. Херсон : Айлант, 2014. 430 с. *Особистий внесок здобувача: побудова математичних моделей окремих розділів.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	26
ВСТУП	28
РОЗДІЛ 1. ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ПРОБЛЕМА ПЕДАГОГІЧНОЇ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТИ УКРАЇНИ	42
1.1. Характеристика базових понять дослідження	42
1.2. Сучасні виклики до системи професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін	66
1.3. Дослідження практичного стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій.....	97
Висновки до першого розділу	130
РОЗДІЛ 2. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД УПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ	135
2.1. Стан реалізації STEM-освіти в Європейському Союзі.....	135
2.2. Досвід упровадження STEM-освіти в США, Канаді та Австралії ..	145
2.3. STEM-освіта в країнах Сходу та Південно-Східної Азії.....	158
Висновки до другого розділу.....	172
РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ	176
3.1. Методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	176

3.2. Концепція підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	202
3.3. Принципи ефективного функціонування системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	212
3.4. Перспективи організації професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з використанням математичних моделей	226
Висновки до третього розділу	264
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ	267
4.1. Структура та зміст авторської моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	267
4.2. Організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	282
4.3. Комплексно-методичне забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.....	309
Висновки до четвертого розділу	318
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РОБОТА З ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ	321
5.1. Методика організації дослідно-експериментальної роботи.....	321

5.2. Результати пілотного дослідження щодо виявлення проблем професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін	330
5.3. Аналіз ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.....	341
Висновки до п'ятого розділу	376
ВИСНОВКИ.....	380
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	391
ДОДАТКИ.....	445

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

IoT	Internet of Things, інтернет речей
ISTE	International Society for Technology in Education, спілка освітян, а також освітні стандарти (США)
OECD	Організація економічного співробітництва та розвитку (Organisation for Economic Cooperation and Development)
PIAAC	Міжнародна програма з оцінки компетентностей дорослих (The Programme for the International Assessment of Adult Competencies), аналіз навичок дорослих
PIRLS	Progress in International Reading Literacy Study, міжнародне дослідження якості читання і розуміння тексту
PISA	Programme for International Student Assessment, програма міжнародного оцінювання учнів
STEAM	S – science, T – technology, E – engineering, A – art, M – mathematics
STEM	S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics
STREAM	S – science, T – technology, R – Robotics (в молодшій школі Reading+Writing), E – engineering, A – art (або all), M – mathematics
SWOT-аналіз	Інструмент для стратегічного планування, що полягає в розділенні чинників і явищ на чотири категорії: сильних (Strengths) і слабких (Weaknesses) сторін проєкту, можливостей (Opportunities), що відкриваються при його реалізації та загроз (Threats), пов'язаних із його здійсненням
TIMSS	Trends in Mathematics and Science Study, міжнародне порівняльне дослідження якості природничо-математичної освіти учнів 4-х та 8-х класів

UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури
ЗВО	Заклади вищої освіти
ЗСО	Загальна середня освіта
ЗЗСО	Заклад загальної середньої освіти
ІМЗО	Інституту модернізації змісту освіти
МАН	Мала академія наук
МОН	Міністерство освіти і науки України
НДП	Навчально-дослідні проекти
НУШ	Нова українська школа
ПДП	Проектно-дослідні проекти
ПТО	Професійно-технічна освіта та навчання
УЦОЯО	Український центр оцінювання якості освіти.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Сучасні цивілізаційні процеси в Україні та світі демонструють різке посилення впливу інформаційного й технологічного чинників у суспільних відносинах. При цьому їх роль, абстрактна та футуристична ще на початку ХХІ ст., нині поступово починає зростати майже в кожній суспільній і виробничій галузі, зокрема в освіті. Саме тут спостерігаємо швидку модернізацію та оновлення процесуальних і цільових орієнтирів педагогічного впливу, частиною яких є STEM технології – унікальний освітній феномен, який формально інтегрує глобальні досягнення в сучасній науці (S – Science), технологіях (T – Technology), інженерії (E – Engineering) та математиці (M – Mathematic).

Ця тенденція вже є симптоматичною в багатьох розвинених країнах, де у вищій, загальній та професійній школах набуває популярності застосування досягнень у галузях робототехніки, нанотехнологій, біоінженерії й штучного інтелекту, які, зрештою, визначають якість професійної та загальної освіти нового покоління громадян, здатних до успішного життя в інноваційному суспільстві.

В Україні зазначені процеси мають свою історію перемог та поразок, що пов'язано, зокрема, із суттєвими коливаннями якості професійної діяльності вчителів природничо-математичних дисциплін. Саме вона останнім часом стає умовою конкурентоспроможності держави в боротьбі за економічні позиції в Європі та світі, відтак використання STEM технологій у шкільному педагогічному процесі може стати чинником відродження особистого інтересу учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) до технологічних інновацій тощо.

Наведені аргументи свідчать на користь необхідності посилення професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з орієнтацією на формування в них готовності до застосування

сучасних технологічних рішень STEM-освіти в освітньому процесі ЗЗСО, а також якнайширшого розкриття для учнів потенціалу професій інженерно-технологічного спрямування як професій майбутнього.

Для такого посилення є всі нормативно-правові та теоретико-методичні потенції. Так, низка законів України («Про освіту», «Про загальну середню освіту», «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні»; Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 р. тощо) своїм змістом розширює простір академічної свободи закладів вищої та загальної середньої освіти, можливості поєднання різних форм і методів навчання, стимулювання найбільш повної самореалізації учасників педагогічних процесів на засадах вільного вибору освітніх програм або інших аспектів навчання.

Концептуальні проблеми розвитку педагогічної освіти розглядали С. Гончаренко, М. Євтух, М. Жалдак, В. Кремень, І. Лікарчук, В. Луговий, Н. Ничкало, Н. Падун, Ю. Поліщук, О. Щербак та ін. Питанням підготовки майбутніх учителів присвятили свої публікації О. Гуменний, М. Жалдак, Ю. Завалевський, Т. Койчева, Л. Петухова, Ю. Плиска, О. Повідайчик, В. Прошкін, Ю. Рамський, М. Рафальська, О. Солодухова, Г. Тарасенко, О. Хомік, Т. Яценко, Т. Яцула та ін. Підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, зокрема засобами інформаційних технологій, в Україні досліджували В. Биков, М. Бирка, О. Войтович, О. Гриб'юк, А. Гуржій, Т. Деркач, О. Колгатін, О. Лаврентьєва, Т. Підгорна, М. Пісоцька, Г. Поголяко, В. Романенко, О. Співаковський, О. Ткаченко, Ю. Триус, І. Фурса та ін.; інноваційні технології навчання – Н. Дубова, І. Зязюн, О. Кобернік, С. Ніколаєнко, О. Притула, В. Стрельников та ін.; зміст підготовки майбутнього вчителя до організації проєктної діяльності – Н. Брюханов, Ю. Веселова, М. Елькін, Е. Кручай, Є. Литвиновський, Ю. Фільчакова, Т. Яковенко та ін.; окремі аспекти формування проєктувальних умінь – І. Дмитрик, Г. Кіт, Є. Кузьміна та ін.

Різні аспекти впровадження STEM технологій у закладах освіти розкрили українські вчені: О. Барна, О. Бутурліна, Д. Васильєва, О. Воронкін, Н. Гончарова, О. Дзюба, В. Жукова, С. Кириленко, О. Кузьменко, О. Лозова, Н. Морзе, Н. Поліхун, І. Сліпухіна, В. Хмуренко та ін.

Отже, педагогічна проблема підготовки майбутніх учителів представлена в науковій літературі, проте вона набуває нового якісного звучання у зв'язку з викликами інформаційного суспільства, такими як: швидкий вплив технологій на всі сфери життя сучасної людини; підвищення рівня вимог суспільства до технологічної обізнаності кожної людини, незалежно від її професії; затребуваність на ринку праці фахівців технічного та інженерного напрямів; зміна освітніх потреб покоління сьогоденних учнів, які можна було б вирішити шляхом інтеграції STEM технологій в освітній процес ЗЗСО.

Незважаючи на значний інтерес науковців до професійної підготовки майбутніх учителів загалом, проблема підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій як у теоретичному, так і в практичному аспекті є недостатньо дослідженою, що виявляється у відсутності єдиного розуміння сутності цього процесу, теоретично визначеної та методологічно обґрунтованої моделі, розробленої й експериментально апробованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Актуальність вирішення окресленої проблеми посилюється й загостренням низки суперечностей, що характеризують сучасну вищу освіту в Україні, зокрема:

– між суспільними вимогами до насичення освітнього процесу сучасним технологіями й неготовністю системи освіти до швидкої корекції ціннісних орієнтирів пересічного викладача на їх використання;

– між фрагментарністю й відокремленістю вивчення окремих дисциплін у професійній підготовці майбутнього вчителя та цілісністю й інтегрованістю наукового пізнання через практику STEM-освіти;

– між необхідністю вивчення й урахування індивідуальних особливостей і вподобань здобувачів природничо-математичної освіти та традиційно деперсоналізованими методами, формами й засобами їх навчання;

– між загальною світовою тенденцією гендерного вирівнювання впливу жінок і чоловіків у сфері техніки й технології та надто повільним наслідуванням цього процесу в системі вищої освіти України, де професію вчителя обирають здебільшого дівчата, а розробниками технологій та оригінальних інженерних рішень є переважно хлопці.

Недостатнє теоретичне й практичне опрацювання окресленої проблеми, її соціальна важливість, а також наявність низки суперечностей у сучасній вищій освіті зумовили вибір теми дисертації: *«Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності»*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана в межах науково-дослідних тем Херсонського державного університету: «Організація науково-дослідної діяльності засобами STEM технологій у освітньому процесі» (державний реєстраційний номер 0120U101870) та «Інноваційні освітні технології навчання фізики та астрономії у закладах освіти різних рівнів» (державний реєстраційний номер 0119U101144), одним з виконавців яких є здобувачка.

Тема дисертації затверджена вченою радою Херсонського державного університету (протокол № 2 від 26.10.2015), рішенням бюро Міжвідомчої ради з координації досліджень у галузі освіти, педагогіки і психології (протокол № 1 від 26.01.2016) та уточнена вченою радою Херсонського державного університету (протокол № 5 від 25.11.2019).

Мета й завдання дослідження. *Метою дослідження є наукове обґрунтування, розробка та експериментальне підтвердження ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.*

Для досягнення цієї мети поставлено такі *завдання*:

1) проаналізувати стан дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у педагогічній теорії та практичній діяльності закладів вищої освіти в Україні й за кордоном;

2) визначити теоретико-методологічні засади вирішення проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

3) обґрунтувати концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

4) розробити модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

5) визначити й обґрунтувати організаційно-педагогічні умови реалізації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

6) експериментально перевірити ефективність запропонованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Об'єкт дослідження – професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – теоретичні й методичні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності в ЗЗСО.

Гіпотеза дослідження базується на припущенні про те, що професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності є

ефективною за умови теоретико-методологічного її обґрунтування на основі системного, синергетичного, особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного підходів; сукупності визначених принципів, концепції, моделі й організаційно-методичних засад (зміст, форми, методи, технології, засоби, умови) професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Загальна гіпотеза доповнена частковими: професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій набуває ефективності за таких умов:

– реалізація авторської концепції підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

– формування під час професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх ціннісних орієнтацій, пов'язаних з упровадженням STEM технологій у практику ЗЗСО, що зумовлено відповідним оновленням змісту професійної підготовки;

– спрямування змісту, форм, методів, засобів та технологій підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін на формування їх готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності з урахуванням визначених критеріїв і показників;

– підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, що ґрунтується на активному використанні діяльності, спрямованої на реалізацію STEM-проектів, пов'язаних із робототехнікою; забезпеченні в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі, а також на використанні різноманітного комплексно-методичного забезпечення із залученням STEM технологій у ЗЗСО.

Методологія дослідження розкрита на філософському, загальнонауковому та конкретно-науковому рівнях. Філософський рівень

представлений загальними положеннями теорії пізнання, сучасною формою діалектичного методу й універсальними методологічними принципами (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії та практики); загальнонауковий – логічними прийомами пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія й формалізація) та системним і синергетичним підходами; конкретно-науковий – особистісно орієнтованим, компетентнісним та культурологічним підходами.

Концепція дослідження. Провідна ідея дослідження полягає в необхідності організації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на засадах теорії поколінь, пріоритетності проєктних та проблемно зорієнтованих методів навчання, пов'язаних з освітньою робототехнікою, а також забезпечення їх соціальної взаємодії в професійному середовищі,

Концепція дослідження інтегрує три взаємопов'язані концепти, що забезпечують реалізацію провідної ідеї: методологічний, теоретичний і технологічний.

Методологічний концепт відображає взаємозв'язок і взаємовплив різних підходів до розгляду проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, а саме системного, синергетичного, особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного. Цей концепт враховує теоретичні основи, визначену сукупність з дванадцяти принципів, а також авторське бачення сутності досліджуваного педагогічного процесу.

Теоретичний концепт містить визначення базових понять та понятійних конструктів, які використані в дисертації. Зокрема, поняття «система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій» визначено як множину підпорядкованих і взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети –

забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності; поняття «підготовка» – як процес формування й розвитку знань, умінь, навичок, ціннісних орієнтацій та особистісних якостей майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, що необхідні їм для застосування STEM технологій у професійній діяльності, а її результатом є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього; поняття «STEM технології» – як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними та науково-дослідними знаннями й уміннями, а також формування в них цінностей, важливих для STEM-освіти.

Технологічний концепт відображає організаційно-педагогічні засади реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, основні етапи та умови її впровадження.

Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає активне використання проєктної та науково-дослідної діяльності студентів, що спрямована на реалізацію ними різноманітних STEM-проєктів (особливо проєктів з освітньої робототехніки) і забезпечення в ході професійної підготовки соціальної взаємодії в професійному середовищі (STEM-школі). Процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності здійснюється в ході реалізації п'яти послідовних етапів: початкового, ознайомлювального, квазіпрофесійного, професійно-практичного та підсумкового; кожен з них має власну мету й завдання. Оцінювання рівня готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній

діяльності відбувається за допомогою авторських опитувальників та різноманітних діагностичних засобів, адаптованих для дослідження.

У ході виконання дисертації застосовано низку як загальнонаукових, так і спеціальних **методів**:

– *теоретичні*: історичний та порівняльний аналіз фундаментальних і практичних праць – для виявлення проблем та суперечностей у системі підготовки майбутніх учителів, нормативних документів (стандартів, навчальних та освітніх програм), чинного законодавства, навчально-методичних і наукових праць – для встановлення норм та вимог до підготовки майбутніх учителів; аналіз зарубіжного й українського досвіду підготовки майбутніх учителів – для з'ясування основних понять і категорій STEM-освіти, а також визначення провідних методик застосування STEM технологій; аналіз методів організації й здійснення навчально-пізнавальної діяльності та методів стимулювання й мотивації їх навчання – для виявлення ефективних форм, методів і засобів застосування STEM технологій; концептуально-порівняльний аналіз – для зіставлення традиційних і STEM-орієнтованих підходів, навчальних планів і програм, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, матеріалів науково-практичних конференцій із проблеми дослідження, новаторського педагогічного досвіду; розробки концепції системи підготовки майбутніх учителів; виокремлення закономірностей і формулювання висновків із досліджуваної проблеми; структурно-системний аналіз і синтез – для побудови теоретичної моделі підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій;

– *емпіричні*: експеримент, фіксація та порівняння експериментальних даних, емпіричний опис, складання діаграм, порівняльних таблиць та таблиць експериментальних даних, опитування (анкетування, тестування), діагностичний зріз, обсерваційні методи (пряме, опосередковане, включене спостереження) – для дослідження діяльності осередків STEM-освіти;

– *статистичні методи*: критерій Пірсона, критерій Фішера, метод середніх величин – для визначення статистичної значущості отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому:

– *уперше обґрунтовано* теоретичні й методичні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності в ЗЗСО, змістовою основою якої виступає авторська концепція, модель та сукупність організаційно-методичних засад фахової освіти, реалізація яких відбувається в контрольованому багатоетапному педагогічному процесі закладу вищої освіти;

– *теоретично обґрунтовано* зміст та розроблено модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка інтегрує у своєму складі *проективно-цільову підсистему*, що утворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією, сукупністю принципів, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя; *організаційно-діяльнісну підсистему*, що відображає основні етапи, їх завдання й організаційно-педагогічні умови, в яких необхідно реалізувати досліджуваний процес; *аналітично-результативну підсистему*, що відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки;

– *визначено* дванадцять принципів (персоналізації, свідомої пізнавальної діяльності, самоорганізації, формування ціннісних орієнтацій, співробітництва й наставництва, діалогічності, інтегративності (інтеграції), трансдисциплінарності, зв'язку навчання із життям, значущості результатів навчання для особистості, зворотного зв'язку та постійного контролю), дотримання яких забезпечить ефективність професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій;

– за допомогою критерію χ^2 (хі-квадрат) К. Пірсона та критерію Фішера *доведено* ефективність авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

– *уточнено й конкретизовано* базові поняття дослідження («система», «педагогічна система», «підготовка», «готовність», «STEM», «STEM-освіта», «STEM технології» та «STEM-дисципліни»); критерії, показники й характеристику рівнів готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

– *удосконалено* освітні програми підготовки й навчально-методичні комплекси професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, навчальні програми інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування для педагогічних спеціальностей тощо;

– *набули подальшого розвитку* теоретичні положення щодо вдосконалення змісту, форм, методів та умов професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у системі вищої освіти.

Практичне значення одержаних результатів полягає в такому:

– *вдосконалено й оновлено* мету та зміст інтегративних курсів педагогічного й професійного спрямування шляхом *введення окремих тем у робочі програми дисциплін*, таких як «Інформаційні технології», «Методика інформатики», «Основи наукових досліджень», «Вибрані питання програмування» тощо, у системі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

– *розроблено та введено* в освітні програми підготовки *дисципліну* «Основи робототехнічних систем» для освітнього рівня «магістр» та *дисципліну за вибором* для вчительських спеціальностей освітнього рівня «бакалавр» «STEM-освіта і робототехніка»;

– створено дистанційні курси для майбутніх учителів та вчителів, які вже працюють, «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Основи робототехнічних систем» на платформі дистанційного навчання Moodle;

– створено навчально-методичні комплекси зазначених дисциплін на основі дослідження програмних, хмарних та апаратних дидактичних можливостей застосування робототехнічних систем як засобів навчання майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін; розроблено рекомендації щодо вибору технічного й програмного забезпечення STEM-освіти для підготовки майбутніх учителів на основі порівняльного аналізу;

– створено модулі дисциплін з реалізації інтегрованих проєктів з використанням робототехніки в курсі шкільних навчальних програм з метою підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій;

– розроблено навчальний посібник «Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни».

Результати дослідження можуть бути використані для розробки гнучких та варіативних робочих навчальних планів і програм дисциплін, лекційних курсів, семінарських занять та практикумів, курсів за вибором, спецкурсів у закладах вищої освіти, які готують майбутніх учителів і можуть доповнити зміст навчальних дисциплін. Основні положення, результати й висновки дисертації можна використовувати для розробки положень та стандартів викладання STEM-дисциплін. Матеріали дослідження доцільно використовувати в підготовці вчителів за різними освітньо-кваліфікаційними рівнями й у системі післядипломної освіти.

Результати дослідження впроваджено в світній процес закладів вищої освіти: Херсонського державного університету (довідка від 06.03.2020 № 15-30/334), Мелітопольського державного педагогічного університету (довідка від 21.02.2020 № 01-28/423), Бердянського державного педагогічного університету (довідка від 24.02.2020 № 57-39/266), Харківського національного педагогічного університету

ім. Г. С. Сковороди (довідка від 25.02.2020 № 01/10-176), Державного закладу «Луганський національний університет ім. Т. Шевченка» (довідка від 21.02.2020), Вінницького державного педагогічного університету (довідка від 24.02.2020 № 06/11), Класичного приватного університету (довідка від 24.02.2020 № 110).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, розробки, висновки й рекомендації, які винесено на захист, одержано здобувачем самостійно та розкрито в наукових працях. Внесок автора в працях, опублікованих у співавторстві, конкретизовано в списку публікацій.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук на тему «Ймовірнісні моделі методу барицентричного усереднення граничних потенціалів» була захищена у 2005 р. Матеріали та результати кандидатської дисертації в тексті докторської не використано.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дослідження обговорювались на наукових конференціях:

– *міжнародних*: International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (м. Херсон 2013 р.; м. Київ 2016, 2017, 2018 рр.; м. Херсон, 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Відкрите освітнє середовище сучасного університету» (м. Київ, 2016 р.); XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (м. Херсон, 2017, 2019 рр.); V Міжнародна наукова конференція «Цифрова освіта в природничих університетах» (м. Київ, 2018 р.); IV Міжнародна конференція з адаптивних технологій управління навчанням ATL (м. Одеса, 2018 р.); IV Міжнародна науково-практична конференція «STEM-освіта: стан упровадження та перспективи розвитку» (м. Київ, 2018 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми математичної освіти» (м. Черкаси, 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Передові освітні практики: Україна, Європа, Світ» (м. Київ, 2019 р.); VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології

та взаємодії» (м. Київ, 2019 р.); «Cloud Technologies in Education» (м. Кривий Ріг, 2019 р.); The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (м. Кривий Ріг, 2020 р.); The International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (м. Кривий Ріг, 2020 р.);

– *всеукраїнських*: науково-практична вебконференція з міжнародною участю «STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти» (м. Херсон, 2016, 2018 рр.).

Публікації. Основні результати дослідження викладено в 41 праці, з них: 1 – монографія, 1 – навчальний посібник, 9 – статті у виданнях, індексованих у Scopus і WoS, 12 – статті в наукових фахових виданнях України, 1 – стаття в зарубіжному виданні, 17 – публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (488 найменування, з них 162 – іноземними мовами), додатків. Основний текст дисертації становить 365 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ПРОБЛЕМА ПЕДАГОГІЧНОЇ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТИ УКРАЇНИ

У розділі проаналізовано сучасний стан дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у вітчизняній та зарубіжній педагогічній теорії й практичній діяльності системи освіти України. Надано характеристику базових понять дослідження. Здійснено аналіз сучасних викликів до системи професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. Встановлено сучасний стан практичної організації підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій.

1.1. Характеристика базових понять дослідження

Перш ніж перейти до викладу основних теоретичних і практичних аспектів підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій, слід висвітлити авторське бачення щодо ключових понять та понятійних конструктів дисертації.

До них ми відносимо такі: «система», «педагогічна система», «підготовка», «готовність», а також «STEM», «STEM-освіта», «STEM технології» та «STEM-дисципліни».

Отже, у педагогічних дослідженнях систему розуміють як: «структуру, що становить єдність закономірно розміщених і функціональних частин, пов'язаних в одне ціле (незалежно від середовища та інших систем), а також сукупність яких-небудь елементів, одиниць, частин, об'єднаних загальним принципом або призначенням» [128, с. 263–

264]; «складний об'єкт організованої складності, об'єкт, що складається з частин, частини як органічне ціле, об'єкт або фрагмент реальності» [1, с. 175], а також як «сукупність елементів, що перебувають у взаємодії та зв'язках один з одним і створюють відповідну цілісність, організовану для досягнення однієї або кількох поставлених цілей» [238].

Отже, система – це складна цілісно організована структура, яка об'єднує сукупність та порядок окремих функціональних частин, які розміщені відповідно до свого призначення.

З огляду на те, що система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій є педагогічною системою, необхідно визначити сутність поняття «педагогічна система».

Педагогічна система – це, насамперед, «система, що характеризується цілеспрямованим впливом на розвиток учня функціонуванням, особливими структурами, зв'язками і відношеннями між її елементами» [4, с. 135]. Крім того, «педагогічна система» утворює «функціональний комплекс діалектично пов'язаних між собою компонентів і елементів, які створюють оптимальні умови для вирішення завдань навчання, освіти і виховання людей» [92].

При цьому педагогічна система «...повинна складатися з елементів (об'єкти, підсистеми, частини, компоненти), які є взаємопов'язаними; система повинна мати певні властивості; система має структурну форму організації; системи бувають керовані або самокеровані; системи перебувають у певному стані і мають зв'язок із навколишнім середовищем; система функціонує; система має динамічний та процесуальний характер; характерним для системи є множинність описів» [253].

Отже, система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій як педагогічна система – це множина підпорядкованих й взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої

мети – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. При цьому вона є динамічною, процесуальною та забезпечує створення оптимальних організаційно-педагогічних умов для формування відповідної готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у процесі професійної підготовки.

Поняття «підготовка» в психолого-педагогічній літературі тлумачиться як: «формування та збагачення настанов, знань та вмінь, які необхідні індивіду для адекватного виконання специфічних завдань» [217], «засвоєння певного соціального досвіду з метою його подальшого застосування під час виконання специфічних завдань практичного, пізнавального чи навчального характеру» [317], а також як «сукупність спеціальних знань, умінь і навичок, що дають змогу виконувати роботу в певній сфері діяльності» [261].

При цьому підготовка – це «процес, який відбувається в часі та просторі і ведеться у навчальних закладах за затвердженими заздалегідь програмами, планами, а її результат визначається поняттям «**готовність**», яка є найважливішою умовою успішної реалізації особистості в певній діяльності» [115].

Поняття «готовність» також визначається як «стан, при якому все зроблено, все готово для чогось» [215, с. 138]. Виділяють три різні аспекти готовності [325]: 1) наявність знань, умінь і навичок особистості; 2) наявність мотивів та ціннісних орієнтацій особистості; 3) сформованість особистісних якостей особистості .

Отже, підготовка – це процес, у якому формуються та розвиваються знання, уміння, мотиви, ціннісні орієнтації та особистісні якості, що необхідні для застосування STEM технологій у професійній діяльності, а її результатом є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього.

Підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологіям будемо розглядати на прикладі таких предметів, як фізика, біологія, хімія [32; 239], а також ІКТ та математика. Поєднання їхніх змістовних ліній забезпечує організацію навчальної діяльності на основі інноваційності, інтегрованості та проєктної діяльності.

Поняття «STEM» уперше було використано у 2001 р. у документах незалежного наукового агентства Національний науковий фонд при уряді США для позначення сукупності складових: науки (Science), технології (Technology), інженерного проєктування (Engineering) та математики (Mathematics) [425].

У Сполучених Штатах, як і в Україні та багатьох інших країнах, категорія «наука» («Science») у цьому акронімі означає окремий шкільний предмет «наука», який являє собою синтез декількох предметів і який можна назвати *«наукою про навколишній світ»* або *«природознавство»* [457]. Така інтеграція є більш характерною для молодшої школи, у якій відсутній поділ на природничо-математичні дисципліни. Проте у класах середньої та старшої школи цей предмет розподіляється на окремі дисципліни – біологію, хімію, фізику та ін.

У подальшому цей акронім став позначенням для будь-якої події, програми чи практики, яка включає одну або декілька із зазначених дисциплін [394].

Розширення значення цього поняття на галузь освіти і підвищення значущості вивчення природничо-математичних дисциплін відбулося завдяки підтримці впливових освітніх, політичних та бізнес-груп США, які використовували його у висвітленні результатів своїх досліджень, серед яких: Національна комісія з математики та викладання науки зХХІ ст. (National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century), Національна асоціація губернаторів (National Governors Association), Національна рада з науки (National Science Board), а також Об'єднання радників з питань науки та технологій Президента (President's

Council of Advisors on Science and Technology) [357; 382; 420; 421; 422; 423; 424; 429].

Дослідження, проведене Г. Шейкман (G. Siekmann) [451], встановило три основні значення використання терміна STEM:

– аббревіатура «STEM» використовується просто для об'єднання всієї освіти та професій у науковій і технічній галузях;

– науково-технічна освіта та формування навичок не обмежуються лише школами й університетами, а є сутностями сектора професійної освіти і навчання;

– компетентність у науці, техніці, інженерії та математиці – це лише актив, набір серед інших, не менш цінних нетехнічних дисциплін у цілісну рамку навичок для освіти й успішного працевлаштування.

При цьому вчена застерігає, що спроба звузити поняття STEM до якогось одного унікального означення призведе до втрати його сенсу.

З часом відбулась трансформація розуміння цього поняття. Відповідно до [362], освіта у технологіях, математиці, інженерії та природничих науках необхідна для роботи у багатьох професіях (Додаток А). Зокрема, така спеціальність, як дизайн, є одним із прикладів, що засвідчує недостатність тільки інженерних знань [415; 488]. Для створення нового дизайну технологій, які повинні відповідати ергономічним вимогам і водночас бути привабливими для поширення в соціумі, потрібне, наприклад, прийняття нестандартних, творчих рішень. Тому в STEM-освіту відбулося включення ще одного компонента – мистецтва (Arts). Відбулася зміна базового акроніма на STEAM – наука (Science), технології (Technology), проектування (Engineering), мистецтво (Arts), математика (Mathematics) [327].

У сучасних наукових дослідженнях можна зустріти інші варіанти поєднання дисциплін. Навички мислення, що втілені в читанні та письмі (англійською reading and writing), викликали трансформацію базового в STREAM компонента – читання і письма (reading and writing). Зазвичай

таке скорочення зустрічається в публікаціях, які стосуються школярів молодших класів. Для старших класів застосовується інше розшифрування. Акронім виявився дуже зручним для виділення ролі інших технологій: часто під скороченням «R» мають на увазі робототехніку (Robotics) [462]. Також у світі широко використовують більше десятка аналогів подібної інтеграції: STEAM, STREM, STREAM, STEMLE, iSTEM, eSTEM, METALS, MINT, GEMS тощо. Це поєднання базових дисциплін з різними галузями, такими як логіка (Logic), право (Law), гендерним питанням (Gender), екологією (Ecology) тощо.

Від початку впровадження і розвитку STEM-освіти в Україні [251] науковці намагаються визначити сутність і зміст цього напрямку, його зв'язок з існуючими технологіями та місце в методичній і дидактичній системах.

Слід зазначити, що у вітчизняних виданнях поняття «STEM» вперше почало використовуватись лише з 2015 р. [18; 192; 193], проте не одразу знайшло підтримку з боку науковців. Найперше були зроблені критичні зауваження про недоцільність використання великої кількості іноземних термінів, про пошук аналогій у вітчизняній науці [58]. Крім того, з огляду на новизну терміна не було зрозуміло, яку роль та місце буде мати новий напрям у системі освіти. А головне – мету та функції, які цей напрям буде виконувати.

Серед головних застережень і проблем, які виникали з упровадженням цього напрямку, можна виокремити такі:

- відмінність між освітніми системами України та інших держав;
- невідповідність між стратегічними завданнями національної освіти й освіти інших країн;
- неузгодженість між кількістю державного замовлення на підготовку фахівців технічного напрямку і кількістю затребуваних спеціалістів STEM-спеціальностей на ринку праці в нашій країні;

– відсутність досліджень стосовно потреби у таких фахівцях на ринку праці.

Отже, поняття «STEM» ми будемо розуміти як навчальну програму, яка використовує зазначені у назві навчальні дисципліни. Різноманітність поєднання дисциплін робить його універсальним для позначення освіти, пов'язаної з вивченням природничих наук та сучасними технологіями.

Наступним базовим поняттям, що потребує уточнення в контексті нашого дослідження, є **поняття «STEM-освіта»**. Для кращого розуміння його сутності наведемо визначення поняття «освіта», яке є родовим для поняття «STEM-освіта».

Відповідно до визначення, наведеного в Енциклопедії освіти, «освіта – це цілеспрямована пізнавальна діяльність людей з отримання знань, умінь та навичок або щодо їх вдосконалення» [87]. Освіта, в сучасному трактуванні Закону України «Про освіту», – це «основа інтелектуального, духовного, фізичного й культурного розвитку особистості, <...> запорука розвитку суспільства, об'єднаного спільними цінностями і культурою...» [247]. Тобто освіта являє собою загальнокультурну цінність і покликана формувати у нового покоління культурні цінності, поведінку в дорослому житті і допомагати у виборі можливої ролі в суспільстві. Відтак, «STEM-освіта» повинна володіти усіма визначеними вище властивостями поняття «освіта».

Наразі існує декілька визначень поняття «STEM-освіта».

Так, перші публікації, які стосувались STEM-освіти, визначали її як «вивчення дисциплін науково-технічного циклу і залучення дітей до дослідної та інженерно-конструкторської діяльності» [64].

STEM-освіта є інтегрованою наукою, одним із інноваційних напрямів в освіті, яка передбачає поєднання природничих наук, використання їх технологій для розвитку та навчання. З філософської точки зору, це «методологічна єдність природничих, технічних і соціально-гуманітарних наук, що виявляється у застосуванні спільного

математичного апарату, інформаційно-комунікаційних технологій, моделювання та міждисциплінарної взаємодії» [231].

Відповідно до методичних рекомендацій щодо впровадження STEM-освіти у закладах середньої та позашкільної освіти України на 2017/18 н. р., які надав відділ STEM-освіти Інституту модернізації змісту освіти (ІМЗО) – основний стейкхолдер STEM-освіти в Україні, «STEM-освіта – це категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування та розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв’язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [170].

STEM-освіта ґрунтується на міжтрансдисциплінарних підходах у побудові навчальних програм різного рівня, окремих дидактичних елементів, до дослідження явищ і процесів навколишнього світу, вирішення проблемно орієнтованих завдань. Це освіта, що спрямована на підтримку творчості та інноваційних навичок підростаючого покоління [107].

У своїх дослідженнях А. Кух називає STEM-освіту інноваційним напрямом професійної підготовки майбутнього педагога, яка «покликана сформувати компетентності з використання інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій, робототехнічних систем та збалансованого гармонійного формування науково орієнтованої освіти на основі модернізації математично-природничої та гуманітарних профілів освіти» [147]. Він описує модель формування відповідних компетентностей у майбутнього педагога через ознаки світоглядних і пізнавальних характеристик, таких як «факти», «висновки», «теорії», «технології» тощо.

Питанням компетентностей, які формує STEM-освіта, присвячені праці й інших учених. Так, автори О. Кузьменко, С. Дембіцька розглядають компетентності, які формуються в результаті використання

STEM технологій під час вивчення фізики. Вони виділяють навчальну, інформаційну, експериментальну, дослідницьку компетентності та компетентність розв'язування фізичних задач [140]. Також з погляду формування ключових компетентностей у галузі фізики, зокрема інформаційно-цифрової, цю тему вивчали Г. Сакунова, І. Мороз [266].

У своїй праці Л. Непорожня описує компоненти природничо-наукової компетентності в контексті навчально-виховного процесу «як інтеграцію наукового дослідження, спілкування науковою мовою та інтелектуальних уподобань у галузі природознавства» [196].

Ґрунтовне дослідження основних понять STEM-освіти зроблено науковцями І. Сліпучіною, О. Стрижак, Н. Поліхун, І. Чернецьким. У ньому стверджується, що «STEM-освіта є галуззю «...дидактики, сутність якої виявляється в поєднанні міждисциплінарних практико-орієнтованих підходів до вивчення природничо-математичних дисциплін» [460]. Автори уточнили, що STEM-освіта є педагогічною технологією формування та розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей здобувачів освіти, рівень яких визначає конкурентну спроможність особистості на сучасному ринку праці. Також у праці подано означення термінів, супровідних до STEM-освіти (наприклад, STEM-грамотність, STEM-лабораторія), зроблено висновок про тотожне використання в публікаціях термінів STEM-центр і STEM-коаліція. Ними встановлено відповідність такої освіти концептуальним основам розвитку «Нової української школи». Автори зробили висновок про те, що «STEM є основою новітньої динамічної педагогіки XXI століття», яка потребує встановлення власних категорій, змісту, структури. Метою STEM-навчання як процесу автори визначають формування STEM-грамотності через інтегроване освоєння STEM-дисциплін. З цього виникає необхідність створення навчальних STEM-програм, сукупність яких буде формувати STEM-компетентності відповідно до обраної галузі знань.

Цікавою є точка зору О. Коваленко та О. Сапрунової [123], які акцентують увагу на різних цілях впровадження STEM-освіти для здобувачів освіти різного віку. Для школярів молодшої школи основною метою STEM-навчання є створення умов для розвитку інтересу до вивчення природничо-математичних наук, технологій. Для дітей базової школи – це залучення до наукової діяльності, до вивчення точних наук. Мета впровадження STEM-освіти для учасників профільної освіти – це профорієнтація на інженерні науки та вибір ними STEM-спеціальностей.

У своєму дослідженні В. Шарко розглядає STEM-освіту як методичну проблему. У праці зазначено, що STEM-освіта є шляхом до модернізації системи навчання відповідно до вимог часу і технологій. Метою такої освіти авторка називає сприяння підвищенню мотивації випускників шкіл до вибору STEM-професій та якості науково-технологічної підготовки майбутніх фахівців інженерної галузі. Характеристиками STEM-навчання авторка називає політехнізм і профорієнтацію, інтеграцію, інформатизацію, технологізацію, дослідну діяльність. Це дає змогу сформуванню у здобувачів середньої освіти такі якості, «які визначають компетентного фахівця: уміння побачити проблему й визначити в ній якомога більше можливих сторін і зв'язків; уміння формулювати дослідне завдання й визначити шляхи його вирішення; гнучкість як уміння застосовувати знання в різних ситуаціях, розуміти можливість інших точок зору щодо розв'язання проблем і стійкість у відстоюванні своєї позиції; оригінальність у вирішенні проблем, відхід від шаблону; здатність до перегруповування ідей і зв'язків; здатність до абстрагування та конкретизації, до аналізу й синтезу; відчуття гармонії в організації ідеї» [315].

Про STEM як про інноваційний напрям в освіті, при якому в навчальних програмах посилюється природничо-науковий компонент та інноваційні технології, пише Н. Гончарова [64]. Поняття «STEM-освіта» визначена нею «як низка чи послідовність курсів або програм навчання,

що готує здобувачів освіти до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять» [64, с. 107]. У цьому означенні не йдеться про міждисциплінарність, але наявність послідовності вказує на необхідність побудови системи чи зв'язку між різними курсами, для забезпечення формування ключових компетентностей. Ще одне означення автора «STEM-освіта» – це «система освіти, що стимулює оволодіння знаннями і навичками технологічних наукових напрямів, <...> спрямована на підтримку творчості та інноваційних навичок» [64, с. 107].

Намагаючись знайти підґрунтя новому освітньому напрямку, вчені роблять порівняння його провідних ідей з ідеями раніше визначених технологій та напрямів навчання. Зокрема, В. Юрженко у своїх дослідженнях робить акцент на відмінності між технологічною освітою і STEM-освітою [319].

Метою STEM-освіти він називає пізнавальну діяльність, яка «потім реалізується у вигляді техніко-технологічних і конструктивних рішень та <...> через універсальний логічний апарат – математичну науку» [319, с. 165]. Тобто основним завданням STEM-освіти є створення стійкого інтересу та мотивації для самостійної проектної діяльності. Метою технологічної освіти він визначає формування творчого підходу до застосування компетентностей у професійній діяльності, зокрема у виробничій сфері. Автор проводить паралель між STEM-освітою і політехнічним підходом, але вбачає відмінність у пріоритетах: політехнізм враховує потреби індустріального суспільства, у STEM-освіті центром уваги є дитина з її потребами і запитамі. Також відмінність, на думку автора, полягає у спробі політехнізму систематизувати й узагальнити уявлення про техніку і технології. Але узагальнення в більшості випадків веде до спрощення, тоді як наука й технології розвиваються та стають дедалі складнішими. Тому система STEM-освіти, навпаки,

відштовхуючись від загальних принципів дії механізмів, систем навчає переходу до створення нового. Разом з тим автор робить застереження щодо ризиків отримання асистемних знань і вмій через систему STEM-освіти на зразок комплексного методу, який існував у 20–30-х рр. ХХ ст. Причину цього він вбачає у механічному поєднанні непов'язаних між собою блоків інформації й експериментально-лабораторної діяльності.

Разом з тим відзначимо, що наведений огляд дефініцій педагогічного конструкта «STEM-освіта» являє собою лише малу частину їхнього фактичного змісту, нюансів та акцентів. Але в них відображена парадигма зрушення освіти від знанневого підходу в освіті до компетентнісного.

Такі зміни в законодавстві й освіті вимагають підготовки нових кваліфікованих кадрів, які здатні проводити навчальну діяльність відповідно до затверджених програм вивчення інтегрованого курсу «Природничі науки», що забезпечуватиме модернізацію цих програм упродовж усієї професійної діяльності вчителя в умовах постійного розвитку технологій та їх впливу на суспільство.

Отже, у результаті проведеного аналізу, поняття «STEM-освіта» будемо розуміти як освітню діяльність суб'єктів педагогічного процесу в галузі природничо-математичних дисциплін, спрямовану на формування або вдосконалення у тих, хто навчається, відповідних компетентностей.

Розібравшись з визначенням понятійного конструкта «STEM-освіта», перейдемо до ключової дефініції нашої роботи, а саме **«STEM технології»**.

Родовими поняттями для цього педагогічного конструкта є поняття «технології» та «педагогічні технології». Тому вважаємо за доцільне насамперед зосередити увагу на визначенні їх сутності.

Так, Словник української мови визначає поняття «технологія» так: «у перекладі з грецької *techne* 1) мистецтво, майстерність, уміння й сукупність методів обробки; 2) сукупність прийомів, застосовуваних у будь-якій справі; 3) сукупність способів обробки чи переробки матеріалів,

інформації, виготовлення виробів, проведення різних виробничих операцій, надання послуг тощо» [214, с. 145].

Як зазначають філософи, різниця між різними сутностями технологій визначається метою і засобами її досягнення. М. Каган визначає термін «технології» як способи і засоби здійснення будь-якої людської діяльності, що має такі характеристики, як виробництво, поведінка (прийоми, способи, процедури), мислення [113]. Ці властивості не даються людині від народження, а випрацьовуються у процесі діяльності. Науковець розрізняє *інструментальний* (матеріальні засоби здійснення, що використовуються як знаряддя) і *технологічний* (сукупність навичок та вмінь, прийомів і маніпуляцій цими засобами) рівні прояву технології.

Г. Селевко визначає технологію як науково і практично обґрунтовану систему діяльності, що застосовується людиною з метою перетворення навколишнього світу, виробництва матеріальних або духовних цінностей. Ознаками технології він визначає цілеспрямованість, відтворюваність, алгоритмічність та документованість, діагностичність, прогнозованість результату, ізоморфність застосування [267].

У педагогічному словнику С. Гончаренко наводить визначення «технології навчання», яке було сформульовано ЮНЕСКО, а саме: «це системний метод створення, застосування й визначення всього процесу навчання і засвоєння знань з урахуванням технічних і людських ресурсів та їх взаємодії, який ставить своїм завданням оптимізацію освіти» [63]. Проте, як зазначає Д. Алфімов, «у зарубіжній педагогіці поняття «технологія навчання» є аналогом поняття «педагогічна технологія» [5]. Наприклад, визначення, яке дало ЮНЕСКО, використовується у [88] як одне з визначень педагогічної технології.

О. Іваницький розглядає технологію навчання як системний спосіб організації діяльності вчителя і учнів, за якого реалізація навчальної мети досягається узгодженим поєднанням організаційних форм, методів і засобів навчання [104, с. 29]. Він виділяє характерні риси, притаманні

технологіям навчання: циклічність (повторюваність), широке застосування різноманітних алгоритмів навчальної діяльності (алгоритмованість), можливість застосування технології іншим учителем з приблизно такими ж результатами навчання при відповідних початкових умовах (відтворюваність), обґрунтованість перевірки досягнутого пізнавального рівня (діагностичність), діяльнісний характер навчання (особистісно-орієнтоване навчання). Ми можемо констатувати, що STEM технологіям також притаманні ці риси, проте для них характерним є використання цифрових ресурсів.

Використання як педагогічних технологій сучасного цифрового інструментарію відкриває нові можливості для освіти. Міжнародне видання NMC (New Media Consortium's) Horizon Report проаналізувало публікації описів важливих розробок у галузі освітніх технологій за сім останніх років [340] й виявило динаміку їх популярності (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Динаміка популярності технологій для освіти

На рисунку позначено технології для освіти і роки, у які вони були найбільш популярними (більша інтенсивність зафарбування чарунки відповідає більшій інтенсивності використання певної технології). Деякі з тенденцій привертали увагу освітян лише на короткий час, інші після деякого періоду знову привертали до себе увагу. Як бачимо з рис. 1.1, серед технологічних розробок, які сьогодні найбільше проникають у сучасний освітній процес, названо:

– адаптивні навчальні технології та штучний інтелект (AI) – перспективи його застосування в освіті пов’язані зі здійсненням переходу до персоналізованого навчання. Для цього потрібне використання таких технологій, як: аналітика даних, машинне навчання, обробка природних мов, чат-боти. Хмарні технології надають можливість продукувати, збирати великі масиви даних. Це дає змогу відстежувати результативність навчання і персоналізувати його, використовувати адаптивні технології для вдосконалення навчальної лінії. Недостатньо просто використовувати технології на заняттях. Потрібно розуміти зв’язок між цифровими інструментами та запланованими результатами навчання. Потрібна повна інтеграція їх у процес навчання;

– LMS нового покоління, технології аналітики даних – хмарні технології дають змогу отримувати результати навчання не тільки в кінці періоду навчання (сесії), але й щодня. Освітні заклади розробляють власні платформи навчання. На них відбувається спілкування й організовується співпраця. Така платформа містить персоналізовану інформацію про графік занять, пошту, оплату, навчальні курси тощо й дає змогу відстежувати поточний прогрес у навчанні;

– інтерактивність, змішана реальність – ця властивість повинна бути присутньою у всіх навчальних курсах та будь-яких технологіях. Це дає змогу покращити результати навчання і залучити більше учнів до взаємодії з навчальним контентом;

– мікронавчання, мобільне навчання – можливість вчитися малими порціями інформації зумовлена загальною характеристикою сучасного покоління молоді, що звикли до швидких змін і використання візуального контенту. Крім того, необхідність швидко навчатися на робочому місці теж вимагає побудови коротких навчальних курсів, які доступні у будь-якому місці та часі;

– робототехніка, інтернет речей, творчий простір – роботи не тільки забирають роботу у людини, вони ще й утворюють нові робочі місця. Створення спеціальних освітніх лабораторій допоможе студентам випробовувати знання на практиці. У навчальних закладах починаються безліч інновацій, вони є інкубатором для багатьох винаходів. Вони працюють над створенням можливостей для нових розробок, проєктуванням і формуванням мислення та майбутнього.

Таким чином, поняття «STEM технології» ми будемо розуміти як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними й науково-дослідними знаннями і вміннями, а також формування в них цінностей STEM-освіти.

Вчителями та науковцями-практиками описано такі інструментально-технічні й технологічні види організації навчального процесу, які можна розглядати як STEM технології (табл. 1.1).

Колектив авторів Н. Поліхун, І. Сліпухіна, І. Чернецький вважають, що STEM технології комплексно формують ключові фахові та соціально-особистісні компетентності молоді. У своєму дослідженні [231] вони стверджують, що при застосуванні STEM технологій «відбувається поєднання наукового методу, технології, проєктування й математики в основі розроблення освітньої STEM-програми». Тобто формування наукового світогляду відбувається на основі інтеграції і взаємозв'язку чотирьох компонентів технологічного рівня.

Перелік інструментально-технічних та технологічних видів організації навчального процесу в працях вітчизняних науковців

Автори	Інструментально-технічні	Технологічні
Н. Балик, Г. Шмигер [9]	додатки доповненої реальності	Наукове дослідження, інженерні побудови
Ж. Білик, К. Постова [17]	Використання електронних приладів, хімічних реактивів	Науковий метод пізнання, досліди з хімії
Ю. Ботузова [25]	Прикладні програми (хмарні технології), ІКТ	Геометричні побудови
В. Вострікова [52]	Конструювання індустріальних моделей, конструктори	Проектний метод, інженерні побудови
О. Гриб'юк [69]	ІКТ, конструювання та програмування роботів	Проектно-дослідна діяльність, міжпредметні компетентності
О. Гулай, Т. Фурс, В. Шемет [76]	Фізичні прилади	Фізичний експеримент, дослідна діяльність
О. Діхтярь [83]	Інформаційні мережі з різноманітними базами даних, вивчення та аналіз явищ	Проектний метод, моделювання
О. Доброштан [84]	ІКТ, технології дистанційного навчання	Розв'язування задач з професійної тематики
В. Коваленко, Н. Стець, В. Варлалюк [122]	Обладнання хімічної лабораторії та лабораторії фізики	Інтегровані заняття
Т. Крамаренко, О. Пилипенко [132]	Прикладні програми (хмарні технології), ІКТ	Математичне моделювання, наукове дослідження
О. Кузьменко [139]	Цифрові фізичні лабораторії	Експериментальні досліди з фізики

Автори О. Барна, Н. Балик [10] описують «STEM технології» як «засоби та обладнання, що пов'язані з технічним моделюванням, енергетикою і електротехнікою, інформатикою, обчислювальною технікою й мультимедійними технологіями, науковими дослідженнями у сфері енергоощадних технологій, автоматикою, телемеханікою, робототехнікою й інтелектуальними системами, радіотехнікою і радіоелектронікою, авіацією, космонавтикою й аерокосмічною технікою тощо».

Виходячи з дуального (техніко-технологічного) уявлення про сутність технологій, автори акцентують увагу саме на технічній його основі.

Технічною основою моделювання є всі види ручної праці, проєктування й виготовлення, наприклад, виготовлення речей (від аплікації до пристроїв), створення інженерних конструкцій, виготовлення розгорток, складання оригамі, плетіння, створення макетів плоских і тривимірних об'єктів тощо. В іноземних публікаціях для таких технологій існує поняття «мейкерство» (англ. make – робити) як технологія STEM-освіти.

Технологічний рівень складається з масиву знань, умінь та практик, а також способів мислення, які формує цей масив [331; 370]. Це знання, які потрібні не лише для пошуку інформації, але й уміння використовувати нові технічні досягнення (пристрої/роботів) для вирішення складних завдань.

Сучасні технології в енергетиці й електротехніці пов'язані з ідеєю енергозбереження та відновлювальної енергії. Тому учителі найчастіше для проєктної діяльності учнів обирають теми, пов'язані з розвитком цих напрямів, наприклад уловлювання вуглекислого газу, збереження озонового шару та відновлення кисню.

Технології в інформатиці та обчислювальній техніці називають цифровими технологіями і вони пов'язані не тільки з комп'ютерними навчальними програмами. Також до цього поняття входить робототехніка, технології створення штучного інтелекту і нейронних мереж, хмарні технології тощо.

Робототехніка – це універсальна технологія для організації міждисциплінарного вивчення наукових понять та оволодіння навичками досліджень. Це засоби організації освітнього процесу з позицій діяльнісного підходу, що орієнтовані на розвиток здатності застосовувати на практиці набуті знання з математики, інформатики, фізики та інших природничих наук для формування здібностей до колективної діяльності та самоосвіти; компетентнісного підходу, що визначає спрямованість навчально-виховного процесу на досягнення результатів; особистісно

зорієнтованого підходу, що забезпечує спрямованість навчально-виховного процесу на взаємодію і розвиток особистості викладача та здобувачів освіти, яка базується на рівності у спілкуванні та партнерстві у навчанні; інтегрованого підходу до навчання, включаючи інформаційно-комунікаційну компетентність.

Таким чином, у нашому дослідженні під «STEM технологіями» будемо розуміти сучасні як інструментально-технічні, так і технологічні засоби, що забезпечують оволодіння учасниками освітнього процесу інженерно-технологічними й науково-дослідними компетентностями. Ці технології можуть бути задіяні в освітньому процесі на основі проєктно-дослідного підходу; вони орієнтовані на розвиток умінь і навичок здобувачів освіти, здатності застосовувати на практиці набуті знання з математики, інформатики, фізики та інших природничих наук для формування здібностей до колективної діяльності та самоосвіти.

Як нами визначено вище, основою STEM-освіти є інтеграція природничо-математичних дисциплін та інженерного напрямку освіти, які утворюють педагогічний конструкт «**STEM-дисципліни**».

Але така інтеграція має враховувати різні гносеологічні характеристики для збереження цілісності кожної зі складових STEM-освіти [344; 381; 442; 486].

Крім того, у науковців викликає занепокоєння визнання у STEM-освіті провідної ролі складової з природознавства («Science») [387; 416; 439]. Це інколи призводить до неправильної інтерпретації STEM-освіти з боку інших предметних сфер. Наприклад, технології розглядають лише в контексті засобів навчання, зокрема тільки комп'ютерні [334; 439], а математика й інженерія є лише інтеграторами контексту [397]. Все це актуалізує потребу в забезпеченні належної інтеграції «STEM-дисциплін».

Поняття «*інтеграції дисциплін*» має декілька форм, такі як між-, транс-, інтер-, метадисциплінарність тощо. З погляду навчальних програм, вони відрізняються між собою різною «глибиною» інтеграції, починаючи

від паралельного викладання суміжних предметів до злиття навчальної програми; і терміном – від короткочасного вивчення до річних курсів [340; 375; 390; 458].

У праці [414] описано декілька видів міждисциплінарного підходу, залежно від характеру відносин між дисциплінами, а саме: кросдисциплінарність, мультидисциплінарність, множинна дисциплінарність, трансдисциплінарність. Відповідно до вказаних відмінностей, автори визначають такі види інтегративних курсів відносно ступеня інтегрованості:

1) інтеграція на основі однієї дисципліни – зосередження уваги на кожній дисципліні надає студентам спеціалізовані навички та концепції в галузі. Спеціалізована підготовка дає викладачам і студентам глибокі знання в галузі. Разом з тим таке вивчення може призвести до фрагментації інформації, що не відображає повноти наукових досліджень. Відсутнє знання про зв'язок між різними предметами. Такий тип можливий для теоретичних курсів, як основа для подальшого вивчення наукових концепцій і формування уявлення про напрями наукових досліджень в окремих галузях;

2) вивчення паралельних курсів/модулів – у цьому випадку зміст кожної дисципліни не змінюється. Змінюється тільки порядок вивчення. Таким чином, досягається ефект, коли студенти можуть самостійно або за допомогою викладача встановити зв'язки між окремими явищами. Єдиним недоліком при цьому є те, що студенти не бачать співпраці між викладачами. Крім того, така робота вимагає достатньо часу для планування;

3) додаткові курси або дисципліни – зіставлення декількох дисциплін, орієнтованих на одну проблему, без прямої спроби інтеграції;

4) інтегровані курси/модулі являють собою короткочасну проєктну діяльність. Окремі заходи побудовані на взаємодії між різними

предметами. Зусилля спрямовані на вирішення соціально важливих питань;

5) інтегровані дні – довготривалі проєкти, у першу чергу на теми і проблеми, що виникають з власного досвіду;

б) повна програма – повністю інтегровані програми, у яких повсякденно навчання студентів пов'язане з їхнім життям. Прикладом може слугувати літній науковий табір.

Методичні рекомендації «Інституту модернізації змісту освіти» вказують на пріоритетні напрями розвитку STEM-освіти в навчальних/позашкільних закладах України, встановлюючи провідним принципом STEM-освіти інтеграцію (міжпредметну, трансдисциплінарну) [171].

Слід зазначити, що більша частина наукових публікацій з цієї теми висвітлюють лише якусь одну сторону міждисциплінарного підходу, наприклад, математичну, фізичну чи дослідну.

Автори в більшості використовують властивості проєктної діяльності в описі STEM технології, не беручи до уваги її інтегративність чи технологічність, або зупиняються лише на застосуванні цифрових технологій чи проведенні експерименту. Проте в кожній з таких праць є посилання на практичну значущість результатів навчання. Такі дослідження можуть бути корисними для застосування їх як частини інтегрованих занять або для планування науково-дослідної роботи в межах інших курсів, наприклад робототехніки.

Природничі дисципліни мають однакову предметну сферу, цілісну освітню й ціннісну основу вивчення природи, що ґрунтується на дослідженнях закономірностей, перевірці гіпотез, побудові логічних міркувань і відтворенні експериментів. До таких дисциплін належать фізика, хімія, біологія, географія. Відповідно до чинного класифікатора спеціальностей [239], підготовка вчителів здійснюється в галузі 01 Освіта/педагогіка і має спеціальність 014 Середня освіта (за

предметними спеціалізаціями). Спеціальність, у свою чергу, має 16 спеціалізацій, серед яких: 014.04 Середня освіта (математика), 014.05 Середня освіта (біологія), 014.08 Середня освіта (фізика) та ін.

З 2016 р. існує також спеціалізація 014.15 Середня освіта (природничі науки), у рамках якої випускникам присвоюється професійна кваліфікація/предметна спеціальність учителя природничих наук, фізики, хімії, біології.

Універсальність математики і глибоке її проникнення в основи кожної із зазначених дисциплін у вигляді математичних моделей, методів дає можливість використовувати її апарат у дослідженнях навколишнього світу. Прикладом може слугувати вивчення теми «Основні положення молекулярно-кінетичної теорії» (фізика 10-й клас), для вивчення якої потрібні знання з попередніх вивчених тем (початкові відомості про молекулу, притягання та відштовхування молекул), майбутніх тем курсу (властивості рідин і твердих тіл, властивості газів, закони постійного струму, електричний струм у різних середовищах) та курсу хімії (іонні, атомні та молекулярні кристалічні решітки, виробництво і застосування металів в техніці) [145].

Найефективнішим засобом пізнання законів і закономірностей навколишнього світу є моделювання. До моделювання фізичних, екологічних, хімічних, біологічних процесів застосовується не лише елементарна математика, й інші математичні методи: диференціальне та інтегральне числення, диференціальні рівняння, матриці, векторне числення, метод найменших квадратів, статистичні методи та багато інших.

Одним із найефективніших методів побудови математичних моделей, що описують динаміку фізичних, хімічних, екологічних, біологічних, технологічних систем як між окремими їх елементами, так і зовнішніми факторами середовища, у якому перебувають ці елементи, є використання методів теорії диференціальних та інтегральних рівнянь.

Класичними задачами такого типу є, наприклад, задачі про охолодження тіла, радіоактивний розпад, поперечні коливання натягнутої струни, швидкість розмноження бактерій, збільшення кількості ферменту, концентрацію розчину, швидкість хімічної реакції, динаміку чисельності популяції, теорію епідемій, ріст дерева та листя на ньому та багато інших [44, с. 20].

Ще одним прикладом міжпредметних зв'язків є вивчення властивостей аксіоматичної теорії, що відбувається через міжпредметні зв'язки за допомогою інтерпретації, моделі, різних методів доведень і досліджень.

Дійсно, формула математичної теорії має сенс лише тоді, коли є яка-небудь інтерпретація символів, що входять до неї, а як сфера інтерпретації розглядається множина елементів конкретної природи «раніше вивченої теорії». Кожна аксіоматична математична теорія вимагає з'ясування питань її несуперечності й категоричності. Для цього необхідно побудувати модель такої теорії та довести, що будь-які дві моделі цієї теорії є ізоморфними.

Як моделі зазвичай використовують об'єкти добре вивчених теорій. Так, наприклад, в алгебрі теорії груп, кілець, полів, векторних просторів використовують моделі з числових систем, теорії многочленів, теорії функцій, геометрії – як групи рухів, фізики твердого тіла (кристалічні решітки), теорії елементарних частин, квантової механіки. У свою чергу, у багатьох природничих науках застосовуються результати з теорії груп, кілець, полів, векторних просторів для обґрунтування і доведення тих чи інших закономірностей. Моделі дають змогу з'ясувати ряд властивостей теорії, що вивчається, через інтерпретацію на даній моделі, тобто одна математична теорія може бути моделлю для іншої теорії. Сучасна наука характеризується інтенсивним проникненням математичних методів дослідження у різні сфери наукової думки, в інші галузі знань, зокрема в природничі, економічні, технічні, соціальні та інші науки, – від суто

гуманітарних дисциплін до таких, як соціологія, прикладна лінгвістика, екологія. Як науки про об'єктивні закони розвитку природознавства, економіки, суспільства, вони постійно користуються різноманітними кількісними характеристиками, тому акумулюють у собі низку математичних методів. Активність же наукових досліджень у різних галузях стає рушійною силою для математиків у подальшому розвитку математичного інструментарію. Так, за допомогою навіть основних елементарних функцій та їх комбінацій можна математично дослідити і описати різноманітні зв'язки між біологічними й екологічними об'єктами (елементами), що були встановлені протягом усього розвитку біологічної науки, зокрема екології. Без застосування елементарних функцій при формалізації конкретних закономірностей у природі (або інших галузях) процес дослідження був би неповним, неприродним, а то й неможливим [41].

Тому в подальшому під терміном «STEM-дисципліни» будемо розуміти інтегровану сукупність навчальних дисциплін, що сприяють вивченню природничо-математичних наук та формують і розвивають у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (математики, інформатики, фізики (астрономії), хімії, біології, трудового навчання (креслення)) знання і вміння (компетентності) в галузі технології та інженерії.

Інші поняття, важливі для процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій, за потреби будуть уточнені та деталізовані в інших підрозділах дисертаційної роботи.

1.2. Сучасні виклики до системи професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін

Економічно сильна держава повинна бути лідером у технологічних досягненнях та мати хороший рівень природничо-математичної освіти. Країни зі сталим економічним розвитком демонструють стабільно високі результати в міжнародних освітніх оцінюваннях PIRLS, TIMSS, PISA тощо.

Для досягнення таких високих результатів має бути сформована динамічна освітня система, яка реагує на зміни в умовах економіки й технологічного прогресу, та підготовлені вчителі, які підтримують інновації й технологічний розвиток своїх учнів і є прикладом для наслідування.

Одним із перспективних напрямів вирішення питання забезпечення запитів ринку праці є впровадження STEM-освіти: створення умов щодо збалансованого гармонійного формування науково орієнтованої освіти на основі модернізації математично-природничого та гуманітарних профілів освіти [264].

Провідним принципом STEM-освіти є проєктна діяльність, тому їй притаманні такі характеристики, як: міждисциплінарність (інтегроване навчання), співпраця (активна комунікація та командна робота), наявність результату (застосування науково-технічних знань у реальному житті), розвиток навичок критичного мислення та вирішення проблем, креативні та інноваційні підходи до створення проєктів, підготовка дітей до технологічних інновацій життя.

Інтерес до STEM зростає по всьому світу. Про це свідчить кількість публікацій і досліджень у різних країнах. Цікавою є інформація про статистику, яку веде Google за запитами. У світі спостерігається зростання інтересу до STEM-напрямку освіти протягом останніх п'яти років (рис. 1.2).

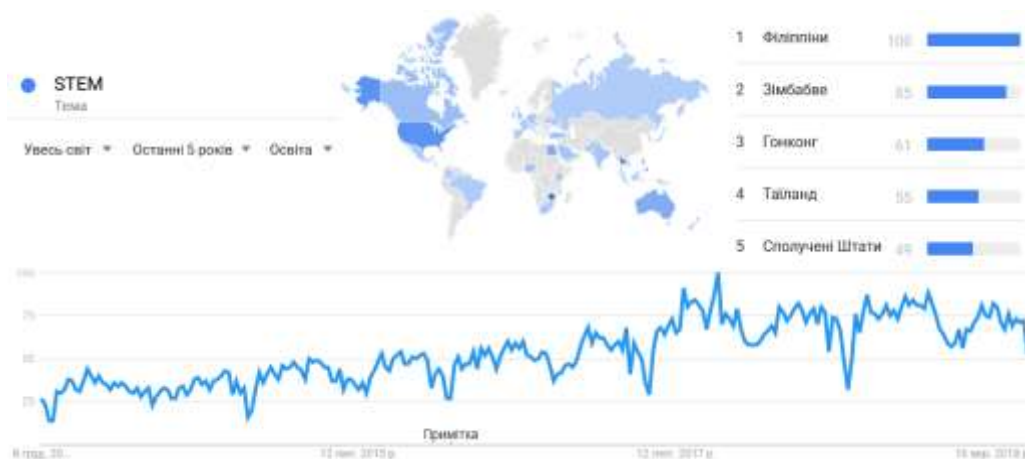


Рис. 1.2. Статистика відносної кількості запитів за темою STEM у світі за останні п'ять років

При цьому пошукові запити в більшості випадків стосуються інструментарію STEM-освіти, а також ступенів та рівнів освіти, галузей освіти. Вказані результати можна вважати релевантними, оскільки кількість запитів у канікулярний час зменшується.

В Україні STEM-освітою почали цікавитися відносно недавно: перші запити з'явилися у 2007 р. Лідером у цих запитах є Кіровоградська область (рис. 1.3).

Найбільше пошук інформації ведуть у контексті з такими словосполученнями, як: «STEM-інструментарій», «літній табір STEM», «STEM-тема», «STEM-турнір».



Рис. 1.3. Статистика відносної кількості запитів по темі STEM в Україні за останні п'ять років

Все це відбувається не випадково, адже, як зазначено у доповіді ЮНЕСКО «Інформаційні і комунікаційні технології в освіті» [100], Україна перебуває на шляху «швидкого прогресу ІКТ у сфері освіти», що приводить до постійного вдосконалення навчального контенту та якості підготовки ІКТ.

Крім того, досягнення в галузі біо-, нанотехнологіях, технологіях штучного інтелекту, робототехніці потребують навчання відповідних фахівців. Система освіти має забезпечити потреби суспільства у фахівцях природничо-математичного й технологічного напрямів, що здатні орієнтуватися у світі швидкої зміни технологій і вміти створювати інновації (Додаток Б).

На думку В. Петрук, сучасна професійна освіта має сформувати високого професіонала, який би водночас був патріотом, висококультурною людиною, освоїв весь спектр гуманітарної культури. Там, де глобалізаційні процеси розростаються всупереч гуманітарним і національним пріоритетам, виникають суспільні катаклізми та збурення. Саме гуманітарні цінності є сутнісною ознакою соціальності, людяності, цивілізованості, без них людство не може існувати. Переживаючи будь-які кризи, спади, зіткнення, людство завжди повертається до гуманітарних пріоритетів як до єдиного духовного стержня, основи свого буття.

Для засвоєння гуманітарних та фундаментальних знань впровадження інноваційних технологій є вельми необхідним, але ще більш важливим є визначення, які саме інновації потрібно впроваджувати при викладанні тих чи інших не профільних дисциплін, щоб зацікавити студентів у їх вивченні та бажанні самостійно працювати над удосконаленням цих знань. При цьому, науковець серед інноваційних технологій виділяє: нестандартні уроки; індивідуальна робота; контроль і оцінка навчальних досягнень учнів (через контрольні роботи, тести, завдання, робочі зошити і т. ін.); кабінетне, групове і додаткове навчання; факультативи за вибором учнів (поглиблюють знання); проблемне і

модульне навчання; запрошення вчених, діячів культури, мистецтва на уроки; економізація і екологізація освіти; науковий експеримент при вивченні нового матеріалу; застосування досягнень техніки (від діапозитивів, через фільми, магнітофони, телевізори до навчання з допомогою комп'ютерів, комп'ютерні аудиторії, радіо- і телепередачі та «Інтернет-системи», мультимедійні технології тощо); нові підходи до формування навчальних планів. Винятково важливими для майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, на думку автора, є саме гуманітарні знання, які, на противагу технічним знанням, потребують від студента вміння та навичок спілкування, вміння висловлювати власну думку базуючись на отриманих раніше знаннях. Спілкування науковець визначає як складний багатоплановий процес встановлення контактів між людьми та групами, породжений потребами спільної діяльності і включає в себе комунікацію (обмін інформацією), інтеракцію (обмін діями) і соціальну перцепцію (сприйняття і розуміння партнера), тоді як комунікацію розглядають як духовно-психологічний бік процесу людського спілкування, що характеризується як сутністю (обмін інформацією, сприймання і розуміння), так і формами психологічного контакту і впливу (вербальне-невербальне, безпосереднє опосередковане тощо [219]).

Саме тому реформи в Україні зараз спрямовані на побудову потужної держави і конкурентної економіки, що «...може забезпечити згуртована спільнота творчих людей, відповідальних громадян, активних і підприємливих. Саме таких має готувати середня та вища школа. Зміст професійно-технічної та вищої освіти має постійно оновлюватися з урахуванням потреб підприємств – замовників кадрів. Особливої актуальності набуває питання мобільності, конкурентоспроможності та рівня кваліфікації працівників» [91]. Концепція загальної середньої освіти визначає що: «домінантною стає підготовка вчителя, діяльність якого не обмежується викладанням власного предмета; фахівця, здатного до

реалізації міждисциплінарних зв'язків, який усвідомлює значущість професійних знань у контексті соціокультурного простору» [179].

Реалізація національної стратегії розвитку освіти [246] передбачає впровадження і розвиток в Україні STEM-освіти, спрямованої на інноваційний розвиток у галузі природничо-математичних дисциплін, та залучення молоді до науково-дослідної роботи. Для цього потрібні нові концептуально-методологічні засади стандартів нового покоління, в основі яких лежить конвергенція сучасних досягнень в освітню діяльність.

Проте, як зазначає М. Бирка [16; 347], процес впровадження STEM освіти в Україні, як і будь-який інноваційний процес зустрічає на своєму шляху чимало бар'єрів та викликів.

Спираючись на аналіз досвіду реалізації STEM ініціативи в США автором визначено *десять бар'єрів*, які необхідно подолати:

1. Слабка підготовка і нестача кваліфікованих вчителів STEM дисциплін.
2. Відсутність інвестицій у професійний розвиток вчителів.
3. Слабка підготовка і низька мотивація учнів.
4. Відсутність різноманітних форм зв'язку між окремими учнями.
5. Відсутність підтримки з боку шкільної системи.
6. Відсутність співпраці в галузі STEM досліджень.
7. Слабкий зміст підготовки.
8. Слабкі методи навчання та оцінювання.
9. Поганий стан лабораторного обладнання та навчальних засобів.
10. Відсутність практичного навчання учнів.

Визначені бар'єри стають надійним підґрунтям для визначення низки викликів на шляху впровадження STEM освіти в Україні.

При цьому М. Бирка [16; 347], детермінує виклики, які необхідно подолати на шляху успішної реалізації STEM освіти в Україні в *методологічному, управлінському та виконавчому* аспектах.

Методологічні виклики впровадження STEM освіти включають:

- необхідність чіткого розуміння сутності STEM освіти, особливостей її реалізації та можливих результатів;
- необхідність розробки узгодженої концепції та визначення стратегії реалізації STEM реформи в українській освіті;
- необхідність розробки моделі реалізації STEM освіти, яка визначатиме завдання навчання, виконавчі ролі, зміст навчальних програм, традиційні та інноваційні методи навчання, методичні рекомендації, діяльність вчителя та учнів в класі або лабораторії, ресурси та результати;
- необхідність розробки освітньої технології для ефективної реалізації STEM освіти в Україні, яка буде реалізовувати відповідну модель;
- необхідність розробки методів та засобів оцінювання, які визначатимуть навчальні результати учнів, особливо більш комплексних, як, наприклад, запам'ятовування знань впродовж довгого періоду часу, їх застосування для вирішення незнайомих проблем і прихильність до навчання впродовж усього життя.

Управлінські виклики до процесу реалізації STEM освіти такі:

- необхідність розробки детального плану заходів для окремих курсів, відділів, установ освіти та регіонів. Такий план повинен включати терміни реалізації всіх заходів і відповідальних осіб;
- необхідність управляти процесом реалізації STEM освіти на кожному рівні школи - від початкової школи до старшої школи з основним фокусом на взаємодію та взаємозв'язок навчальних дисциплін в межах та поза напрямками освіти;
- необхідність розробки методики мотивації вчителів та учнів до вивчення STEM дисциплін. Така методика мотивації дасть можливість підвищити інтерес учнів до STEM галузі та забезпечить їх підготовку до вибору відповідної STEM спеціальності у вищому навчальному закладі України;

– необхідність проведення регулярного моніторингу для визначення поточного стану реалізації STEM ініціативи і виявлення можливих проблем, у разі виникнення яких, можуть бути проведені відповідні заходи, направлені на їх вирішення;

– необхідність забезпечення суттєвого зовнішнього фінансування для розробки науково-методичних матеріалів, управління та оцінки результатів реалізації STEM освіти в Україні.

Виконавські виклики у процесі реалізації STEM освіти:

– необхідність підвищення обізнаності громадськості про STEM освіти, рівень її ефективності та важливість цього нововведення для майбутньої кар'єри випускників ЗНЗ;

– необхідність підвищення кваліфікації вчителів-суб'єктів впровадження STEM освіти, яким не вистачає необхідних знань і навичок для викладання STEM дисциплін;

– необхідність здійснення адекватної матеріальної компенсації вчителям-виконавцям для залучення і утримання висококваліфікованих вчителів;

– необхідність заохочення усіх STEM виконавців до подання достатньої інформації про курси лекцій, матеріали і ресурси, необхідні для її успішної реалізації. Крім того, вони могли б деталізувати актуальність STEM ініціативи у власній професійній та педагогічній діяльності.

Відповіддю на всі ці виклики є належна підготовка учителів у галузі природничо-математичних наук. При чому не просто вчителів, а таких педагогів, що здатні підготувати будь-якого учня до успішної самореалізації у високотехнологічному інформаційному суспільстві.

В основу системи змін може бути покладено модель особистісно-орієнтованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Побудова такої моделі має за мету підготовку учителів, здатних опанувати нові технології самостійно, критично оцінювати різні методи, бачити

педагогічну цінність різних технологій, технічно грамотних, що вміють застосовувати STEM технології.

Однак аналіз структури мотивів вступу на педагогічні спеціальності в галузі природничо-математичних дисциплін засвідчує, що лише близько 50% студентів третього курсу мають домінуючий мотив навчання працювати вчителем [401]. Можливо завдяки цьому на сьогодні ці предмети не займають топових місць у рейтингу популярності серед молоді.

На рис. 1.4 зображено дані вступної кампанії 2019 р. за предметними спеціалізаціями спеціальності 014 Середня освіта [89] в Україні. Як видно з діаграми, кількість заяв на природничо-математичні спеціалізації є досить малою порівняно з іншими і становить 31% від загальної кількості зарахованих у цій галузі.



Рис. 1.4. Кількість абітурієнтів, що зараховані за предметними спеціалізаціями спеціальності 014 Середня освіта у 2019 р.

За даними Інституту освітньої аналітики [207], кількість випускників спеціальності 014 Середня освіта мало тенденцію до зменшення. Тільки в 2018 р. спостерігалось суттєве збільшення кількості випускників. Реформи

в освітній галузі розпочалися з 2015 р., тому таке збільшення кількості є закономірним наслідком позитивних змін у результаті реформ (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

**Обсяги випуску за державним замовленням
на підготовку фахівців за спеціальністю 014 Середня освіта
у 2015–2018 рр.**

Рівень вищої освіти	Випуск осіб			
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.
Перший (бакалаврський) рівень	6140	6562	6196	4831
Освітньо-кваліфікаційний рівень «спеціаліст»	4152	2606	177	-
Другий (магістерський) рівень	1331	773	1106	9247
Усього за спеціальністю	11623	9941	7479	14078

Усе це актуалізує перед системою професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін низку викликів, у контексті нашого дослідження найважливішими є реформи, що відбуваються в системі освіти, зміна особистісних характеристик здобувачів освіти та гендерне питання у STEM-освіті. Розглянемо ці виклики детальніше.

1.2.1. Сучасні реформи в освіті

Технологічний вибух, аналогічний тому, який відбувається зараз, спостерігався й на початку ХХ ст. Для нього характерні швидкий розвиток технологій і гостра потреба у кваліфікованих кадрах, зокрема інженерних. Відповідно, у радянські часи загальна освіта була нерозривно пов'язана з політехнічною, яка ознайомлювала учнів з основними принципами всіх процесів виробництва і водночас давала дитині чи підлітку вміння поводження з найпростішими знаряддями. За роки свого існування загальноосвітня (і вища) школа зазнала багатьох перетворень, новацій.

Такі зміни в суспільстві спричинили необхідність реформування системи освіти України та оновлення стратегічних напрямів її розвитку, що мають відповідати соціально-економічній ситуації в державі, вимогам інформаційного суспільства та потребам ринку освітніх послуг.

Суспільство «епохи інформації» (інформаційне) висуває нові вимоги і має інші потреби порівняно з індустріальним [14]. Від людини вимагають не накопичити певну суму знань, а сформувати такі вміння, які можна застосовувати за будь-яких обставин (табл. 1.3).

На думку В. Петрук, випускник сучасного технічного ВНЗ має володіти певними якостями [222], зокрема:

- гнучко адаптуватися у життєвих ситуаціях, що швидко змінюються, самостійно набуваючи необхідні знання і вміло застосовуючи їх на практиці для вирішення різноманітних проблем;

- самостійно критично мислити, вміти бачити виникаючі в реальному світі труднощі і шукати шляхи раціонального їх подолання, використовуючи сучасні технології, бути здатним генерувати нові ідеї, творчо мислити;

- грамотно працювати з інформацією, вміти збирати необхідні для дослідження певного завдання факти, аналізувати їх, висувати гіпотези вирішення проблем, робити необхідні узагальнення, зіставлення з аналогічними і альтернативними варіантами розгляду, встановлювати статистичні закономірності, формулювати аргументовані висновки і на їх основі виявляти і вирішувати нові проблеми;

- бути комунікабельними, контактними в різних соціальних групах, вміти працювати спільно в різних ситуаціях, запобігаючи конфліктним ситуаціям або вміло виходячи з них;

- самостійно трудитися над розвитком власної моральності, інтелекту, культурного рівня.

Отже, на сучасному етапі розвитку система освіти України потребує зміни пріоритетів у зв'язку з постіндустріалізацією суспільства, переходом до інформаційного суспільства, інтенсифікацією матеріального виробництва, перебудовою мислення та діяльності людей.

Для вирішення цієї проблеми в Україні реалізується стратегічне планування основних реформ у системі освіти.

**Порівняльний аналіз вимог до освіти людини
в індустріальному та інформаційному суспільствах**

Навчальна програма	Вимоги	
	<i>Індустріальне суспільство</i>	<i>Інформаційне суспільство</i>
Спрямованість на	Отримання знань, запам'ятовування інформації	Формування складніших умінь за умов зростання цінності інформації
Уявлення про учня	Прогаляни у знаннях учня бажано заповнити відомостями з інших предметів (дисциплін)	Класифікує інформацію, самостійно розв'язує навчальні завдання; диференціація вмінь і навичок по школах
Організація навчальної програми	Роздрібнена, логічно послідовна, поступова, накопичувальна, єдина для всіх	Враховуються загальнолюдські цінності, особистість учня, винахідливість, пристосування його до обставин
Особливості процесу навчання	Поступове накопичування знань, формування уміння їх практичне застосування	Грамотність, загальні вміння розв'язувати складні проблеми, досліджувати їх разом у колективі; формування цілісної картини світу, відповідальності за наслідки власних дій та наукової уяви
Результат освітнього процесу	Досягнення певного рівня знань, умінь і навичок	Формування компетентностей, soft skills та навичок самоосвіти тощо

Так, Міністерство освіти та науки ще у 2016 р. опублікувало першу версію «Концептуальних засад реформування середньої освіти» [198] та Концепцію Нової Української Школи (НУШ), де основними компетентностями школярів визначено такі:

- вміння логічно й математично мислити;
- наукове розуміння природи й сучасних технологій;
- впевнене користування цифровими технологіями;
- обізнаність і самовираження у сфері культури [198].

Державним стандартом початкової освіти (у реакціях 2011 та 2018 рр.) основним визначено *компетентнісний підхід* до оцінювання результатів навчання. Формування ключових компетентностей, таких як: математична компетентність, компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій, інноваційність, інформаційно-комунікаційна

компетентність, повністю відповідають тим вмінням, які мають бути сформовані в особистості для успішної діяльності у XXI ст. («soft skills» [470]). Інші компетентності (вільне володіння державною мовою, здатність спілкуватися іноземними мовами, екологічна компетентність, навчання впродовж життя, громадянські та соціальні компетентності, культурна компетентність, підприємливість та фінансова грамотність) формуються як наслідок таких властивостей навчання, як інноваційність та інтегрованість.

Головна мета реформи – перейти від школи, де дають лише знання, до школи компетентностей, що потрібні для життя [443, с. 9]. Дослідження взаємозв'язків між компетентностями здобувачів освіти, їхніми інтелектуальними здібностями та баченням свого майбутнього щодо подальшого навчання, використання активних стратегій навчання для вибору професії засвідчило корисність мотиваційних переконань для розуміння вибору цього майбутнього. Підтримка таких переконань залежить від системи мотиваційних впливів у формальній, неформальній та інформальній освіті.

На сьогодні розроблено чотири експериментальні програми вивчення курсу «Природничі науки» в школі [188; 189; 190; 191]. Кожна з них у власний спосіб реалізує змістові лінії державного стандарту. Наприклад, програми І. Дьоміної і Т. Засекіної проєкту побудовані так, щоб пояснити особливості природних явищ і технологічних процесів з позицій кожної з природничих наук. Програма авторів Д. Шабанова, О. Козленка акцентована на дослідження причинно-наслідкових зв'язків, що зумовили сучасний спосіб життя людства, та їх впливу на можливе майбутнє, а програма В. Ільченко пропонує модульний підхід до вивчення природничих предметів [183]. Ці програми об'єднують питання таких галузей, як природознавство, біологія, екологія, астрономія, фізика, хімія та географія, в інтегровані заняття і проєкти. Аналіз програм і відповідних підручників засвідчив, що їх автори передбачають формування у школярів

наукового світогляду, уявлень про природничо-наукову картину світу, розвиток наукового мислення тощо.

Крім того, починаючи з 2018 р., у ста загальноосвітніх навчальних закладах України розпочато експериментальну програму навчання учнів 10–11-х класів за інтегрованим курсом «Природничі науки» [249]. У пояснювальній записці до курсу сказано, що «курс розрахований лише на учнів, які навчаються не за природничо-математичними профілями і для яких природничі предмети не є визначальними для обрання майбутньої професії». Прикладом може бути навчання гуманітарного профілю або культурно-мистецького. Автори головною метою інтегрованого курсу визначають «...формування природничо-наукового світогляду учнів, забезпечення їхньої загальноосвітньої підготовки з природничих наук, оволодіння методами наукового пізнання для пояснення фізичних, хімічних, геофізичних, біологічних, екологічних та інших природних явищ; розв'язування прикладних завдань, максимально наближених до ситуацій, що зустрічаються в житті учнів і їх родин, в суспільстві і в житті людства в цілому. Це в основному ситуації, що пов'язані зі здоров'ям та захворюваннями, використанням природних ресурсів, станом навколишнього середовища, впливом науки й технологій» [249].

В Україні вже сформувалася власна система роботи з інтелектуально обдарованими дітьми, у тому числі й з природничо-математичних та технологічних дисциплін: інтелектуальні конкурси, олімпіади; мережа спеціалізованих ліцеїв, випускники яких демонструють високі результати, у тому числі й зі STEM-дисциплін; система позашкільної освіти. На думку вітчизняних учених, саме на базі цих заходів, потрібно вибудовувати систему науково орієнтованої освіти, впроваджувати принципи наукового й інженерного методів в освіту школярів.

Сьогодні STEM-освіта реалізується в багатьох закладах формальної та неформальної освіти. Неформальна STEM-освіта в державі – це предметні олімпіади, діяльність Малої академії наук (МАН), інших

закладів позашкілля, різноманітні конкурси і заходи: Intel Techno Ukraine; Intel Eco Ukraine; фестиваль науки Sikorsky Challenge; STEM-змагання; наукові пікніки, хакатони та багато іншого [106].

На основі проведених досліджень нами зроблено SWOT-аналіз впровадження STEM-освіти (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

SWOT-аналіз впровадження STEM-освіти

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> • Використовуються знання з різних галузей. • Практико орієнтоване навчання. • Співпраця в групах. • Високий науковий, технічний рівень робіт. • Використання сучасних технологій 	<ul style="list-style-type: none"> • Низький рівень мотивації до вивчення точних наук. • Недостатній рівень підготовки вчителів (спеціаліст тільки з однієї галузі). • Відсутність достатньої кількості вчителів. • Відсутність/недостатня кількість методичних розробок. • Відсутність автономності і мобільності при організації проектних робіт у школах. • Відсутність або недостатній рівень співпраці з науковими та виробничими структурами
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> • Якісне вивчення дисциплін. • Напрацювання «soft skills». • Отримання знань про сучасні технології. • Отримання практичних навичок застосування теорії 	<ul style="list-style-type: none"> • Шаблонне викладання. • Спрощення замість узагальнення. • Асистемність знань. • Зниження інтересу до напряму

Не менш важливим є те, що для кожного рівня навчання існує своя мета STEM-освіти. Погоджуючись з [123], визначимо мету впровадження STEM-освіти для молодшої, основної та старшої школи, а також вищої освіти (рис. 1.5).

Мету STEM-освіти майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін визначимо як забезпечення STEM-підготовки висококваліфікованих учителів, компетентних у питаннях викладання наук і технологій.



Рис. 1.5. Визначення мети STEM-освіти для різних ланок освіти України

У цьому випадку вирішується одразу декілька завдань:

- забезпечення якості викладання природничо-математичних дисциплін;
- бути в курсі інновацій і самостійно будувати викладання свого предмета з використанням сучасних технологічних та інженерних знань за допомогою сучасних технологічних засобів;
- створення умов для розвитку в здобувачів середньої освіти інтересу до вивчення природничо-математичних наук, технологій;
- залучення молоді до вивчення точних наук та здобуття досягнень у STEM-напрямі;
- організація школярів для науково-дослідної діяльності та керування нею з використанням інноваційних технологій;
- підготовка особистості до вирішення глобальних питань із застосуванням технологічних рішень у процесі навчання та ґрунтуючись на інноваціях у галузі технологій;
- можливості визначати тенденції в модернізації світових технологій та їхнього впливу на освітню діяльність;
- поширення інновацій і знання про них у професійному колі та використання у повсякденному житті.

Отже, реформування в системі загальної середньої освіти України є логічним кроком до задоволення вимог сучасного інформаційного суспільства. Для забезпечення їх успішної реалізації необхідні вчителі природничо-математичних дисциплін, які самі були б носіями ідеології цих змін, а також мали необхідні компетентності в галузі STEM-освіти. Відтак, відповідно до нових освітніх вимог має змінитися й система професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, зокрема в аспекті їх підготовки до застосування STEM технологій у майбутній професійній діяльності. Комплексне вирішення зазначених викликів можливе лише за умови системного підходу до впровадження STEM технологій в освітню діяльність майбутніх учителів.

1.2.2. Особистісні характеристики сучасного покоління здобувачів освіти

Загальновідомо, що особистість формується і розвивається тільки в суспільстві, виконуючи певну діяльність та в ході комунікації (спілкування) з іншими особистостями. При цьому не тільки суспільство впливає на особистість, а й особистість впливає на суспільство, адже комунікація є двостороннім процесом обміну інформацією, що робить її винятково важливою і для суспільства, і для особистості.

Перші дослідження впливу комунікацій на формування суспільства зробили Г. Інніс (Harold Innis) та М. Маклюєн (J. Marshall McLuhan) у середині ХХ ст. Засновник Торонтської школи комунікацій Г. Інніс у своїх працях наголошував, що різні засоби комунікації в різні періоди історії людства зумовлювали різні суспільні уявлення, типи політичних та економічних відносин, а також різні громадські устрої. У своїх працях він намагався описати механізми, які впливають на керування цими устроями [385]. М. Маклюєн, навпаки, більше цікавився тим, як засоби комунікації впливають на поведінку людини [413].

У своїх дослідженнях Г. Інніс виділяв два види комунікацій та розповсюдження інформації: орієнтовані в просторі та орієнтовані в часі. Він стверджував, що ці типи суттєво впливають на типи суспільних відносин. Орієнтовані в часі інформації складніші в обробці, але більш довговічні і надовго здатні зберігати невеликий обсяг соціально значущої інформації. Просторово орієнтовані, навпаки, мають велике і швидке розповсюдження, доступні більшій аудиторії, однак такі носії не можуть забезпечити історичне збереження інформації, звідки виникає політична і культурна нестабільність у суспільстві [385].

Г. Інніс вважав, що спілкування має велике значення для піднесення чи зниження культурного рівня особистості і суспільства в цілому. Засоби спілкування впливають на поширення знань у просторі й часі, і вивчення цих характеристик дасть можливість оцінити вплив від їх застосування на цивілізацію, яку Словник української мови визначає як людську спільноту, що впродовж певного періоду часу має стійкі особливі риси, у тому числі і в культурі (науці, технологіях, мистецтві тощо), спільні духовні цінності та ідеали, ментальність (світогляд) [214].

Дослідження впливу комунікацій також проводяться з точки зору економічних та соціальних процесів, пов'язуючи хвилі спаду і піднесення економічних циклів з циклами розвитку технологій і зміни соціальних та культурних цінностей. У праці О. Пирог зазначено, що перші дослідження, які передбачали наявність «матеріальних» (технологічних) чинників піднесення або спаду економіки, належать до середини XIX ст. (Х. Кларк, Ван Гельдеран, М. Кондратьєв) [227].

К. Фрімен (С. Freeman) та К. Перес (С. Perez) у своїх працях не лише простежують взаємозв'язок між технологічними та економічними циклами, але й визначають технологічні зміни як причину модернізації і перевероту в інститутах суспільства та в культурі в цілому [372].

Інформаційні технології та комунікації визначають тип культури і менталітет людей. Поява і розвиток цифрових технологій не лише змінили

способи обробки, зберігання та передачі інформації відповідно до потреб суспільства, а й особистісні характеристики поколінь.

Саме проблеми часового «представництва» розглядає і намагається вирішити *теорія поколінь*. Цій темі присвячені праці як вітчизняних, так і зарубіжних учених. Увагу привертають праці В. Штрауса, Н. Хоува, А. Тюрнера, К. Мангейма, Х. Беккера, В. Гаврилюка, В. Бойка та ін. [342; 383; 474; 55; 180].

З появою і швидким розвитком цифрових технологій збільшився і розрив між поколіннями з погляду застосування цих технологій. Відповідно до теорії поколінь, розробленої в 1991 р. В. Штраусом (William Strauss) та Н. Хоувом (Neil Howe) [383]:

– покоління людей, які народилися до 1982 р., називають поколінням X;

– народжених у період з 1982 до початку 2000-х рр. – поколінням Y або Net;

– всі, хто народився після 2003 р., належать до покоління Z.

Існують деякі розбіжності у встановлених межах. У різних наукових дослідженнях встановлені межі відрізняються на декілька років, залежно від конкретної країни та її економічного стану на той час. У цілому теорія поколінь стверджує, що у поведінці поколінь явно простежувалися чотири основні типи, які послідовно змінювали один одного, утворюючи цикли [383].

У результаті досліджень Н. Хоув та В. Штраус дійшли висновку, що конфлікти поколінь зумовлені не різницею у віці, а відмінністю цінностей. Покоління Net, як правило, не здобуло такої глибинної фундаментальної освіти, як покоління X, і багато хто з них вважав за краще розвиватися одночасно в декількох сферах. Вони відрізняються високою здатністю до навчання, різнобічністю і швидкою адаптацією, тому у багатьох осіб віком до 23 років є вже не один диплом про освіту, часто в абсолютно різних сферах, що позначається і на їх поведінці на ринку праці. У їхньому

середовищі дуже затребувані і високо цінуються короткострокові курси перепідготовки та підвищення кваліфікації, що допомагають заощадити час [383].

Представники покоління Net мають інші цінності, ніж їхні попередники, і кар'єрне зростання не є для них основою успіху. Їм важливіше спробувати себе відразу в декількох сферах, розвиваючи свою особистість й отримуючи задоволення від роботи. Соціальні дослідження засвідчили, що помістити молодих співробітників у рамки жорстких посадових обов'язків буде помилкою, адже поколінню Net важлива самореалізація, втілення їхніх ідей у життя.

Серед характеристик покоління Net треба відзначити, що вони, як правило, високоосвічені і налаштовані на здобуття освіти, вони зазвичай пояснюють свій успіх освітніми можливостями, хочуть мати перспективи навчання на робочому місці, не люблять дрес-код, вимогливі до технічного оснащення робочого місця, хочуть мати гнучкий графік роботи.

На сьогодні вплив теорії поколінь на освіту на всіх рівнях викликає великий інтерес дослідників. На основі аналізу найбільш значущих міжнародних досліджень Р. Берк (Ronald A. Berk) виділив *20 основних характеристик покоління Net* [342] (табл. 1.5). Серед них є як ті, хто сприяють традиційному навчанню, так і ті, що перешкоджають йому.

Таблиця 1.5

Особистісні характеристики та цінності покоління Net

Характеристики покоління Net	Цінності покоління Net
1	2
<ul style="list-style-type: none"> - технологічна підкованість; - залежність від пошукових систем; - зацікавленість в мультимедіа; - створення інтернет-контенту; - сприйнятливості до індуктивних методів навчання; - «багатозадачність» у всьому; - перевага «візуального» спілкування; - емоційна відкритість; - схильність до командної роботи і співпраці; - ведення електронних записів; 	<ul style="list-style-type: none"> - відданість; - творчість; - закон і порядок; - дотримання алгоритмів, правил; - честь, повага до посади і статусу; - підпорядкованість; - жертвовність; - терпіння; - економність

Продовження табл. 1.5

1	2
<ul style="list-style-type: none"> - постійна потреба у зворотному зв'язку; - прихильність до інтернаціонального і культурного розмаїття; - прагнення до соціальної взаємодії «обличчям до обличчя»; - подвоєна швидкість мислення і дій; - слабка концентрація уваги; - швидка, коротка відповідь, як норма в спілкуванні; - використання методу спроб і помилок у навчанні; - значна орієнтація на позитивні, високі результати; - необхідність в «електронному» підтвердженні результатів; - вимога врахування власного стилю життя 	

Зараз здобувачами вищої освіти вже стають представники нового покоління – Z. Це покоління ще не досліджене повністю, адже воно тільки починає свою суспільну історію. Проте вже сьогодні є дослідження, які виокремлюють їхні характерні риси [474]. Відповідно до теорії поколінь, ця генерація буде схожою за своїми ознаками з поколінням, яке передувало поколінню X (табл. 1.6). Те, що для попередніх поколінь було «новими технологіями» чи «технологіями майбутнього», для них є теперішнім і сучасним.

Таблиця 1.6

Особистісні характеристики та цінності покоління Z

Характеристики покоління Z	Цінності покоління Z
<ul style="list-style-type: none"> - підприємницькі якості; - коротка тривалість уваги; - самостійні у побуті; - люблять готувати; - досвідчені споживачі; - економічно грамотні; - зрілі та здатні до самоконтролю; - хочуть здобути освіту та знання; - їм не все одно; - реалісти; - дивляться у майбутнє; - прагматичні 	<ul style="list-style-type: none"> - здоров'я і зовнішність; - цінують можливість вибору; - сміливо заявляють про свої бажання; - для них у світі взагалі немає нічого неможливого; - громадянський обов'язок і мораль; - наївність; - негайна винагорода; - незалежність

Дослідження праць зарубіжних авторів засвідчило, що цифрові технології є засобом подолання розриву між поколіннями. В. Джонс (V. Jones), Й. Йо (J. Jo), Ф. Мартін (P. Martin) у своїй праці [393] пропонують такі кроки для привертання уваги покоління Z до наукової діяльності: універсальна шкільна мережа, яка використовує сучасні методи введення-виведення інформації, обміну даних тощо, віртуальний навчальний помічник, який супроводжує навчання й адаптований до окремого учня.

У своїй книзі «Покоління і стилі навчання» Дж. Коутс (Julie Coates) [121] дає такі рекомендації щодо роботи з молодим поколінням: у центрі уваги – учень; важливість практичного застосування знань; ідеальне співвідношення між витраченим часом і користю від здобутої інформації; структурування навчального процесу; зосередженість на результаті; важливість діалогів у навчанні; візуалізація матеріалів для навчання; виховання критичного мислення; організація зворотного зв'язку; заохочення досягнень винагородами (сертифікати, фото, «репости» тощо); бути мудрим, не означає «все знати».

Своєю кількісною за обсягом і монументальністю за охопленням є праця Дж. Хетті (Hattie J.) [379], що присвячена поєднанню результатів понад 31 мета-аналізу, близько 18 тисяч досліджень та 352 розрахунків ефективності, що пов'язані з визначенням позитивних факторів, які впливають на якість освіти. Він виділив 252 з них, які зміг оцінити кількісно. Усі фактори він поділив на такі категорії: зусилля самого учня в навчанні, вплив традицій і цінностей сім'ї, вплив факторів, що пов'язані зі школою та її стратегіями розвитку, роль учителя, навчальних програм, методик навчання. Серед використаних критеріїв він виділив вплив навчання з комп'ютерами і без них, гендерні особливості, предметні сфери тощо. Було встановлено, що приблизно 65% факторів у класах з використанням комп'ютерів набули позитивних змін порівняно з досягненнями учнів, що не користувались комп'ютерами. Також

підвищився загальний рівень досягнень. Але автор зазначає, що спостережене покращення результатів перебуває в межах статистичних похибок методів досліджень. Також, на думку автора, потрібно враховувати такі критерії порівняння, як вік учнів та статки сім'ї, тощо.

На основі цих досліджень Дж. Хетті (Hattie J.) виділив три *принципи*, які мають найбільший вплив на освітній процес: налагодження спілкування між учителями і учнями, посилення цього фактору через введення системи зворотного зв'язку (feedback) і більше, ніж поверхове, глибоке навчання та реконцептуалізація інформації. Найпотужнішим чинником Д. Хетті визначає зворотній зв'язок, який повинен бути підкріплений оцінним компонентом і мотиваційним. Він виділяє як позитивні мотиви, так і негативні (рис. 1.6).

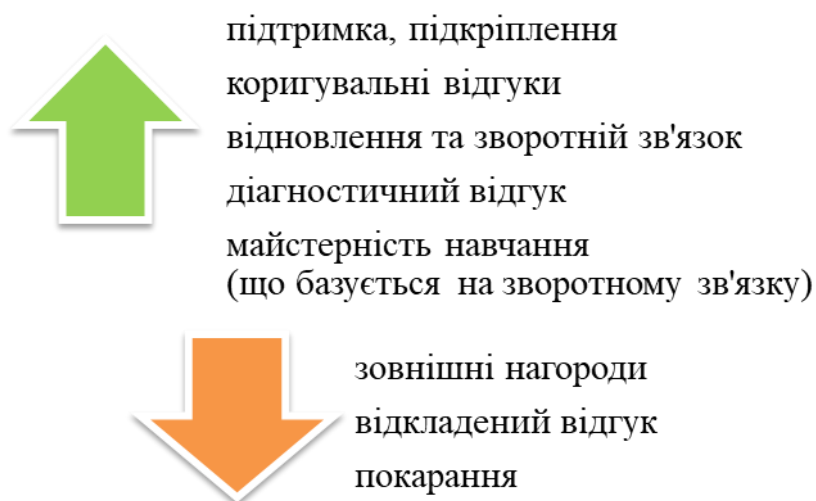


Рис. 1.6. Вплив мотивів на подальшу діяльність учнів

Питання впливу цифрових технологій на освітні парадигми вивчено ще недостатньо. Частина науковців стверджує, що не існує ніякого поділу на покоління, є просто невиховані діти або ліберальні дорослі, однак це лише підтверджує непорозуміння, що виникають між різними поколіннями внаслідок різних умов формування та розвитку особистості, різних систем цінностей.

Збільшення зацікавленості у вивченні природничо-математичних дисциплін залежить від роботи вчителя, який працює безпосередньо з молоддю. Теорія поколінь у роботі вчителя дає відповіді на такі запитання:

Яка мета повинна стати в основі навчання дітей, враховуючи конверсію технологій?

Як працювати з дітьми цифрового покоління, використовуючи їх сильні сторони?

Які методи застосовувати в роботі з такими дітьми?

Для налагодження співпраці між різними поколіннями А. Мірошникова радить: говорити інформативними повідомленнями – коротко і по суті, «розписувати кожен крок і не сподіватися на допитливість», тримати зв'язок з батьками, використовувати технології у навчанні або «оригінальні роздруківки та нестандартне оформлення кабінету», використовувати зворотній зв'язок від однолітків, обмін досвідом, групові завдання [180].

В. Бойко відзначає, що професійні ідентифікаційні стратегії поколінь визначають форму, структуру і характер трудових відносин [22]. На сьогодні в навчальному процесі взаємодіють три покоління з різними цінностями і запитамі. Вони мають різні комунікативні системи й різні способи сприйняття, тому системи освіти та навчання для різних типів поколінь мають відрізнятися.

Освіта створює середовище спілкування, у якому світові цінності та досягнення науки й техніки здатні забезпечити наступність поколінь і яке сприяє соціалізації особистості. Л. Лук'янова стверджує, що «освіта виконує стабілізаційну функцію і сприяє адаптації людини до нових умов» [161]. Відтак важливою проблемою є виявлення й обґрунтування культурних цілей і функцій освіти, зокрема STEM-освіти, для встановлення моделей, які функціонуватимуть у новому освітньому просторі, та вдосконалених педагогічних підходів з урахуванням системи

цінностей, особливостей способів сприйняття і комунікацій сучасного покоління тих, хто навчається.

В Україні не проводилося масштабних досліджень із питань освіти з урахуванням теорії поколінь. Однак окремі автори розглядали це питання у своїх наукових працях і проводили дослідження на малих групах. Серед таких науковців А. Єрмоленко, Н. Скриннік, О. Кузьмінська, Ю. Буган, Л. Романкова, М. Літвінова та ін. [27; 142; 158, 260; 272].

Аналізуючи розвиток національного освітнього простору, А. Єрмоленко стверджує, що в рамках особистісно орієнтованого навчання система освіти має максимально врахувати здібності дитини, її інтереси та систему цінностей. При цьому основним завданням є взаємодія тих, хто навчається, і тих, хто навчає. Не підлаштовувати особистість у традиційні системи, а допомагати її розвитку з урахуванням майбутнього розвитку. «Поточний момент вимагає від педагогів високого темпу оновлення знань, інформаційних ресурсів і технологій. З іншого боку, спостерігається низька мобільність складу науково-педагогічних працівників» [91].

На наш погляд, окреслена вченим ситуація пояснюється тим, що в процесі впровадження будь-яких інновацій спрацьовує принцип Паретто або 20/80. Тобто лише 20% учителів швидко опанують технології, зручні для сучасної дитини, технології, що дадуть змогу вчителю швидко оновлювати власні знання. Для більшості учителів швидкі зміни в освіті та суспільстві в цілому є професійним викликом.

Н. Скриннік відзначає, що нове покоління вирізняється більшою ерудованістю, але слабкішою знаннєвою базою. Подолання цього розриву автор вбачає в широкому використанні сучасних технологій на уроках [272]. Разом з тим в умовах швидкого зростання знань людства, кардинальних змін на ринку праці як щодо професій, так і щодо вимог до представників різних професій на перший план для кожної людини виходять уміння самоосвіти і навчання протягом усього життя, уміння

швидкого пошуку інформації та критичного мислення, навички адаптації до змінюваних умов, а не фіксований набір знань з певної галузі.

Розглядаючи характеристики поколінь, Т. Мукай та О. Гриб'юк висловлюють думку, що особливості поведінки, розвитку, сприйняття інформації є проблемою у формуванні фахових якостей сучасного покоління, і більше наголошують на негативних їхніх сторонах. При цьому автори пропонують вирішувати ці проблеми шляхом формування рефлексивно-гуманістичного середовища навчання, побудови особистісно орієнтованої моделі навчання, використання змішаного навчання [68; 187].

Втім, більша частина авторів пише про «врахування особливостей» нового покоління, вважаючи ці риси не проблемою, а лише приводом до зміни стилю, засобів та методів викладання.

Актуальним є питання про те, як налагодити співпрацю між представниками різних поколінь. Д. Тимошенко, аналізуючи характеристики та цінності поколінь, що задіяні на ринку праці, робить висновок про оптимальне кількісне співвідношення працівників різних поколінь в установі [290]. Спираючись на сильні сторони кожного з поколінь, автор пропонує шляхи побудови результативної колективної атмосфери, яка буде мотивувати та створювати передумови для перетворення творчої енергії в нову діяльність. Також автор відзначає велику роль емоційної складової в управлінні поколінням Z. Спроби підмінити її системою матеріальної мотивації або використання механізму «стимул-реакція» не допоможуть об'єднати всіх учасників навколо ідеї, яка надихає і збільшує продуктивність.

У працях О. Кузьмінської [142] визначено, що для ефективної взаємодії суб'єктів освітнього процесу в умовах цифрового середовища потрібно: бути обізнаним з теорією поколінь; усвідомлювати нові виклики і завдання, які стоять перед сучасним суспільством; розуміти вплив нових технологій на різні галузі людської діяльності та освіти; проводити

навчання впродовж життя; створювати та використовувати відкриті дистанційні освітні ресурси.

Рекомендації Л. Коростіль [126] для оптимізації освітнього процесу й уникнення конфліктів із представниками молодого покоління є такими: правильно реагувати на особливості поведінки покоління Z, створити навчальне середовище з використанням цифрових технологій та медійних засобів, постійно підвищувати власну інформаційну грамотність.

У своєму дослідженні І. Герасимович [57] виділяє такі рекомендації вітчизняних практиків:

- 1) приділяти більше часу на осмислення матеріалу;
 - блоки матеріалу розробляти з невеликими тестовими завданнями та творчою роботою;
 - надавати завдання зі створення абстрактних схем ключових понять, процесів;
- 2) надавати алгоритми дій з мотиваційним підґрунтям;
 - розробити рекомендації щодо оптимізації роботи, уникнення помилок;
 - доповнити теорію практикою;
- 3) надати свободу вибору дій у межах програми;
 - повідомляти про критерії оцінювання;
 - візуалізувати навчальну інформацію про бали, виконані завдання тощо;
- 4) залучати до довгострокових проєктів, які сприятимуть формуванню терпіння і наполегливості.

Сама ідеологія STEM-освіти як проєктної діяльності дає змогу побудувати процес навчання з урахуванням особливостей і потреб сучасного покоління учнів і студентів та підготувати до успішної самореалізації в сучасному світі, який потребує не стільки глибоких знань у певній сфері, скільки вміння вирішувати завдання реального життя, що

вимагають інтегрованих знань, уміння досліджувати, працювати в команді тощо.

Отже, учитель у своїй діяльності має враховувати особливості сучасного покоління учнів, у першу чергу це нетривалість уваги, потреба у швидкій реакції на їх дії (відповідь учню, оцінювання роботи тощо), небайдужість до проблем суспільства (екологічних, економічних та ін.), бажання працювати в команді. Зауважимо, що цілий спектр характеристик як покоління Net так і покоління Z пов'язаний саме з використанням технологій: технологічна підкованість, бажання створювати інтернет-контент та використовувати пошукові системи, вимога до врахування власного стилю життя, невід'ємною складовою якого є саме технології. Врахування цих та інших особливостей покоління сучасних учнів дасть змогу підготувати їх до успішної самореалізації в майбутньому.

Крім того, для забезпечення ефективності освітнього процесу та професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій важливо враховувати особистісні характеристики та цінності сучасного покоління здобувачів освіти, які є представниками покоління Z.

1.2.3. Гендерне питання у STEM-освіті

Одним зі шляхів збільшення кількості молоді у галузях STEM є вирішення гендерного питання, тобто представленості жінок у цих галузях. Незважаючи на значні зміни, які відбулися з середини ХХ ст., гендерна нерівність зберігається в освіті. Помилкові уявлення про здатність, інтерес та досвід жінок до STEM стримують прогрес у науці та суспільстві.

Про жінок у галузі STEM існує декілька міфів [487]:

– дівчата погано вивчають математику – немає вродженої різниці статей у здібностях математики;

– більшість жінок не зацікавлені в кар'єрі в галузі інженерії, фізики та цифрових технологіях – відбувається збільшення участі жінок в STEM в інклюзивному культурному середовищі;

– гендерної різниці в оплаті праці не існує – жінки в STEM заробляють менше, ніж колеги чоловіки, і досягають управлінських посад з більшими зусиллями [487].

Незважаючи на поширену упереджену думку, що жінки не створені для технологій, аналітика LinkedIn Top Voices 2017 в галузі технологій засвідчила, що 40% – це жінки. Вони були представлені в більшості на каналах LinkedIn та надавали високоякісний контент з різних тем у галузі індустрії [476].

Серед дисциплін STEM найнижчі показники участі жінок спостерігаються в галузі інформатики, комунікацій та технологій (ІКТ), машинобудування, виробництва та будівництва, природознавства, математики і статистики. Жінки залишають дисципліни STEM під час навчання у вищих навчальних закладах, у переході до світу праці та навіть під час кар'єрного циклу у непропорційній кількості відносно чоловіків.

Дослідження ЮНЕСКО засвідчили, що станом на 2015 р. в Україні кількість жінок-дослідників становить 46,3%. Також вони виділили кілька світових фактів:

– 17 жінок здобули Нобелівську премію з фізики, хімії чи медицини за часів Марії Кюрі в 1903 р. порівняно з 572 чоловіками;

– сьогодні лише 28% усіх дослідників світу – жінки;

– близько 35% студентів вищої школи, що вивчають предмети STEM, – жінки.

Незважаючи на те, що середні показники у світі не демонструють значні регіональні та національні відмінності, ми можемо спостерігати дисбаланс у співвідношеннях між кількістю жінок, які вивчають природничо-математичні науки: «жінки представляють лише приблизно чверть робочої сили в галузі науки, техніки, техніки та математики, ... та

мають сильну присутність у біологічних, фізичних та соціальних науках» [472; 407].

Сьогодні ця тема потребує посиленої уваги у всьому світі. Значний розрив за статтю спостерігається від раннього віку до зрілого. Раннє дитинство може відіграти ключову роль у заходах залучення до STEM дівчат та гендерної рівності.

Гендерні питання виникають вже на етапі гри та іграшок для дітей. Наприклад, 90% споживачів Lego були хлопчиками у 2011 р. Чотири роки досліджень були присвячені питанню: як залучити дівчат до гри з Lego. Було створено серію наборів Lego Friends, які спонукають дівчат будувати студії з карате, салони краси та ветеринарні клініки. Як результат, продажі наборів корпорації дівчатам утричі збільшилися. Тепер у всіх будівельних наборах Lego Friends є ляльки-дівчатка. Споживачі відзначили, що це чудово підходить для розвитку навичок STEM для дівчат.

Тепер корпорація має нові комплекти Lego: набір жінок-вчених, які вивчають динозаврів, картографують зірки та виконують лабораторні експерименти. З цього часу компанія включає інших жінок у STEM та нетрадиційних сферах. Коли дівчатам надається більше заохочень у галузі STEM, вони мають більше шансів продовжувати кар'єру за цим напрямом.

Також цифрові іграшки та ігри, зокрема, ті, що навчають кодування, все більше стають спрямованими на дівчат. Всесвітньо відзначена дитяча мультимедійна компанія GoldieBlox створює іграшки, книги, програми, відео, інтегруючи розповіді та принципи STEM. Мета їх діяльності – надихнути більше жінок на роботу в цьому напрямі. Раннє залучення дівчат у галузі STEM дадуть змогу почуватися впевнено, потрапляючи на ті напрями, де переважають чоловіки.

Існує велика кількість організацій, програм і товариств, які надають можливості навчання для дівчат та жінок:

– «Дівчата Techbridge» – це надихає дівчат виявляти захоплення технологіями, наукою та технікою завдяки практичному навчанню;

– «Дівчата Django» – організація, яка працює з волонтерами, та громада, яка надає можливість і допомагає жінкам організувати безкоштовні одноденні семінари з програмування, надаючи інструменти, ресурси та підтримку. Під час кожного заходу 30–60 жінок будують свій перший вебдодаток за допомогою HTML, CSS, Python та Django;

– «Дівчата, які кодують» (Girls Who Code) – організація пропонує студентам можливість поглибити свої навички інформатики;

– «Мережа програмування для дівчаток» (Girls' Programming Network) – ця програма орієнтована на дівчат старших класів, зацікавлених в IT, особливо тих, хто зацікавлений у навчанні програмуванню або вдосконаленню навичок розробки програмного забезпечення;

– «Зроблено з кодом» (Made with Code) – це допомагає заохочувати пристрасть до науки й техніки через кодування у дівчат-підлітків;

– «Girl Develop It» – це організація, яка надає доступні програми для дорослих жінок, зацікавлених у навчанні веб- та розробці програмного забезпечення;

– «TECHNOLOchicas» – це ініціатива, спрямована на підвищення рівня обізнаності молодих латиноамериканців та їх сімей про можливості та кар'єру в галузі технологій;

– #MakeWhatsNext семінари – заходи з моделями для наслідування дівчат, які влаштовує Microsoft для залучення молодих дівчат до STEM та зменшення гендерного розриву;

– «Національний центр жінок та інформаційних технологій» (National Center for Women & Information Technology) – мережа, яка займається змінами, є найбільшою, швидко зростаючою спільнотою у підтримці покращення різноманітності та включення до обчислювальної техніки; Центр надає дівчатам і жінкам технічну можливість для постійного залучення та заохочення до випробувань, пов'язаних з обчисленням, і досягнень середньої школи через коледж та до робочої сили.

При цьому більшість організацій насамперед намагаються залучати дівчат до програмування. Однак менша поінформованість, низька зацікавленість та невпевненість можуть стримувати дівчат у виборі інформаційних технологій як напряму майбутньої кар'єри. Крім того, якщо батьки вважають, що причиною недостатньої представленості дівчат у галузях STEM є відсутність інтересу, вони можуть менше заохочувати своїх дітей навчатися технічним дисциплінам [426].

Україна також намагається збільшити участь жінок у STEM. У жовтні 2017 р. в Києві з ініціативи проекту «Дівчата STEM» («STEM girls») було проведено хакатон під назвою «Злому для добра: збільшення кількості дівчат в STEM за допомогою ІТ-технологій». Hack4Good – перший в Україні Національний хакатон для дівчат (18–24 роки). Його мета – збільшити кількість дівчат в STEM за допомогою ІТ-технологій. За даними досліджень Ureport/UNICEF було встановлено, що 23,2% дівчат не впевнені у своїх силах, а 17,1% вважають, що STEM – для чоловіків. На противагу цьому, 48% респондентів вважають, що руйнування гендерних стереотипів мотивуватиме дівчат обрати свою кар'єру в галузі науки і техніки.

Цей проєкт створив спільноту «ТОП-20 натхненних жінок у STEM» – унікальну спільноту жінок в Україні, які зробили успішну кар'єру в галузі науки і техніки. Серед них топ-менеджери ІТ та технічних компаній, науковці, представники міністерств, університетів та громадських організацій. Ці жінки зустрічаються зі школярками в різних куточках України, передаючи їм свій досвід досягнення успіху і надихаючи їх на дії. Вони також розпочали національний конкурс «Чому я обираю кар'єру STEM?». Дівчата, які перемагають у конкурсі, отримують менторську підтримку протягом 4–5 місяців у своїх дослідженнях та діяльності.

Отже, подолання гендерних стереотипів є одним із важливих викликів, що постають перед STEM-освітою в Україні.

1.3. Дослідження практичного стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій

1.3.1. Вивчення рівня впливу мотивації на вибір спеціальності

Дослідження засвідчують, що вивчення математичних наук є унікальним джерелом фундаментальних знань, що необхідні кожному фахівцю в галузях STEM [354; 427]. Але існує проблема вивчення точних і технічних дисциплін, оскільки студенти вважають їх «важкими для вивчення» [392]. Зокрема, в них відсутня мотивація й усвідомлення цінності підготовки з точних наук, що впливає на якісну і кількісну підготовку майбутніх учителів до застосування STEM технологій.

Це пояснюється тим, що в учнів загальноосвітніх закладів така сама проблема.

Так, за даними дослідження PISA (Програма міжнародного оцінювання школярів), у 2015 р. майже половина школярів із 12 мільйонів досліджених з різних країн не змогла виконати найпростіших завдань з читання, математики, природничих наук і низки інноваційних галузей під час світового тестування [443, с. 15]. Дослідження зосереджені не на перевірці знань програмного матеріалу, а на тому, чи усвідомлюють діти загальні принципи та ідеї наукової теорії, наскільки вони здатні використовувати здобуті в школі знання та вміння в реальних життєвих ситуаціях.

У 2018 р. Україна вперше долучилася до програми і взяла участь у програмі PISA [433]. Дані звіту моніторингу якості початкової освіти в Україні [95], що були оприлюднені у 2019 р., свідчать про те, що 26%, 36%, 26% (в середньому майже третина) школярів не досягли базового рівня читацької, математичної та природничо-наукової грамотності відповідно.

У подальшому така ситуація може призвести до втрати молодим поколінням цікавості до отримання STEM-спеціальностей. Прикладом може бути зменшення активності серед здобувачів середньої освіти в опануванні STEM-дисциплін. Учні Малої академії наук віддають перевагу науково-дослідній діяльності у галузях філології та мистецтвознавства (25%), хімії та біології, екології й аграрних наук (23%), історії та географії (20%). Але вдвічі менше дітей навчається у секціях наукових відділень математики (10%), комп'ютерних наук (7%), фізики й астрономії (6%), технічних наук (4%) [244].

Вибір того чи іншого напрямку освіти залежить від ціннісних установок особистості, які ототожнюються з корисністю того чи іншого напрямку. Підвищення значущості вивчення природничо-математичних наук можливе за рахунок підвищення особистісного сенсу, як «... узагальнене відображення дійсності, <...> зафіксоване у формі поняття, знання або навіть уміння» [153]. Тобто в процесі пізнавальної діяльності фіксується ставлення особистості до об'єкта пізнання. Відповідна природничо-математична підготовка із застосуванням сучасних технологій повинна допомогти у вирішенні питання підвищення мотивації молоді до опанування STEM-дисциплін.

Численні дослідження зарубіжними вченими зв'язків між компетентностями та академічними досягненнями у здобувачів освіти виявили, що ті, хто в молодшому, середньому або старшому шкільному віці додатково здобували знання зі спеціальних природничих наук (наприклад, з хімії, фізики, математики), досягли вищих результатів під час подальшого навчання порівняно зі своїми однолітками [343; 345; 364; 430]. Крім того, у різних вікових групах були проведені дослідження щодо здібностей раннього інтелекту, причин його формування не лише через вплив батьків, а й завдяки поставленій меті, саморегуляції, зусиллям здобувачів освіти.

Досліджень щодо зв'язку між системою мотивацій і досягненнями в інженерному, технічному, технологічному контексті, зокрема і діяльності в STEM, небагато. Порівняно невелика кількість досліджень присвячена вивченню того, як здобувачі вищої освіти, які вивчають природничі науки, технології, інженерію і математику, розвивають ці навички і схильності, та як викладачі можуть сприяти цьому розвитку в контексті STEM-освіти.

Аналіз багатьох програм, проєктів та ініціатив [340; 363; 374], які спрямовані на партнерство в галузі STEM-освіти виявив, що в залученні молоді до наукової діяльності і популяризації науково-технічних дисциплін велику роль відіграють заклади вищої освіти. Вони значною мірою відповідають за організацію діяльності, орієнтовані на школи, беруть участь у багатьох ініціативах, ведуть спільну наукову діяльність зі школами і підтримують шкільні проєкти. Такий зв'язок є взаємовигідним, оскільки школярі мають можливість долучитися до наукових досліджень, а заклади вищої освіти мають можливість апробації результатів досліджень в освітній галузі.

Психологи відзначають, що переконання молоді у своїх знаннях та компетентностях часто залежать від їхнього сприйняття докладених зусиль до навчання. На розвиток їх пізнавальних можливостей позитивно впливає оцінювання нових можливостей спілкування, переконання у своїй успішності. Корисним буде зміцнення когнітивних, емоційних, соціальних навичок. Важливими також були і продовжують бути актуальні знання, володіння спеціалізованими навичками в певній галузі. Важливе також усвідомлення здобувачами освіти своєї мети навчання, оцінювання зусиль, стратегій, академічних успіхів.

Дослідження мотивації у навчанні засвідчили, що «... хоча не існує ідеального зв'язку між мотивацією та навчанням, є тенденція до вирівнювання ставлення, що є схильністю до поведінки, із самою поведінкою». Це означає, що початкова мотивація або попередня підготовка сприяє схильності до навчання та самому навчанню. На пізніх

етапах навчання це також сприяє передачі та використанню результатів навчання в подальшому розвитку [348].

За допомогою методики «Мотиви вибору професії» К. Замфіра в модифікації А. Реана «Вивчення мотивації професійної діяльності» [434] проведено опитування [483], яке дало змогу визначити провідний тип мотивації студентів при виборі професії (внутрішні індивідуально значущі мотиви, внутрішні соціально значущі мотиви, зовнішні позитивні мотиви і зовнішні негативні мотиви) та актуальність таких типів мотивації:

- 1) матеріальна винагорода;
- 2) прагнення до кар'єрного просування;
- 3) бажання не піддаватися критиці з боку керівника і колег;
- 4) прагнення уникнути можливих покарань або неприємностей;
- 5) орієнтація на престиж і повагу з боку інших;
- 6) задоволення від добре виконаної роботи;
- 7) суспільна корисність праці.

Опитувальник містить двадцять питань-тестів, що характеризують будь-яку професію. Студентам потрібно було оцінити, як кожне з них вплинуло на вибір професії. Результати відповідей оцінювали за 5-бальною шкалою: 1 бал – «дуже незначною мірою», 2 бали – «досить незначною мірою», 3 бали – «невеликою, але й немалою мірою», 4 бали – «досить великою мірою», 5 балів – «дуже великою мірою».

На основі емпіричних даних отримують мотиваційні комплекси таких видів: при $V3M > Z3PM > Z3NM$ або $V3M = Z3PM > Z3NM$ – оптимальний, у якому $V3M$ (внутрішні значущі мотиви) високі; досить високий – при $Z3PM$ (зовнішня позитивна мотивація), що дорівнює або нижча за $V3M$; низький, якщо $Z3NM$ дуже низька і близька до одиниці.

Ми провели діагностичне анкетування (оцінювання рівня сформованості мотиваційного рівня вибору профілю навчання здобувачів освіти (123 опитаних) та отримали нижченаведені результати (табл. 1.7).

Результати опитування

Мотиваційні комплекси	Кількість респондентів
Внутрішні індивідуально значущі мотиви (ВЗМ)	25
Внутрішні соціально значущі мотиви (ВСЗМ)	34
Зовнішні позитивні мотиви (ЗПМ)	44
Зовнішні негативні мотиви (ЗНМ)	20

Оскільки результати дослідження засвідчили, що $ЗПМ > ВСЗМ > ВЗМ > ЗНМ$, то вважається, що досліджуваний мотиваційний комплекс є оптимальним. Висока вага $ВЗМ + ВСЗМ$ (48%) та $ЗПМ$ (36%) і низька вага $ЗНМ$ (16%) прямо корелює задоволеність здобувачів освіти обраною професією. Здобувачів освіти з досить високим мотиваційним комплексом цікавить обрана професія, але є й бажання отримання зовнішніх винагород [466].

Таким чином, мотиваційні переконання є важливими і необхідними для формування ціннісного аспекту майбутніх учителів до застосування STEM технологій.

1.3.2 Аналіз сучасних освітніх програм підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін

Професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін відбувається впродовж усього періоду навчальної діяльності під впливом системи, яка має загальнотехнічний та науково-дослідний характер і визначається освітньою програмою спеціальності.

Поступове впровадження STEM-освіти вимагає створення практико орієнтованих методик навчання, навчальних планів і програм у рамках дисциплін навчальних курсів.

На сьогодні МОН розробляє типові освітні програми за багатьма спеціальностями, у т.ч. й зі спеціальності 014 Середня освіта. Так, відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України з 2016/17 н. р. до переліку спеціальностей 014 Середня освіта додано нову спеціальність

014.15 Середня освіта (природничі науки) і дозволено здійснювати підготовку здобувачів вищої освіти за освітніми програмами, що передбачають здобуття другої спеціальності (предметної спеціальності) «...у тому числі тих, що забезпечують викладання інтегрованих курсів, визначених закладом вищої освіти» [239]. У цій освітній програмі зазначено, що її особливістю є «...інтегративна підготовка до виконання функціональних обов'язків учителів-предметників: учителя біології, учителя хімії, учителя фізики та учителя інтегрованого навчального предмета «Природничі науки», класних керівників у середніх загальноосвітніх навчальних закладах, організаторів гуртків природничого спрямування в закладах додаткової освіти; формування готовності до самоосвіти та професійного самовдосконалення впродовж життя» [239]. Освітня програма передбачає теоретичну і практичну підготовку і спрямована на оволодіння основами фундаментальних знань з базових (обов'язкових) дисциплін та дисциплін за вибором, у ході яких відбувається формування загальних і фахових компетентностей. Особам, які здобувають ступінь бакалавра чи магістра, присвоюється професійна кваліфікація/предметна спеціальність учителя природничих наук, фізики, хімії, біології.

Вивчення нормативних документів, що регламентують навчальний процес здобувачів освіти [94; 173; 247; 237], свідчить про те, що в концепції модернізації освіти в Україні вони ставлять основне завдання – переорієнтувати навчальний процес зі «знаннево орієнтованого» на «компетентнісно орієнтований», що має активізувати діяльнісну складову здобувачів освіти – майбутніх фахівців, орієнтувати їх на формування здатності виконувати майбутній професійний обов'язок.

Усі стандарти професійної підготовки складені відповідно до галузі знань і спеціальностей, але всі вони мають спільну рису – вказують на те, що однією з ефективних стратегій підвищення якості професійної підготовки майбутнього вчителя і подальшого досягнення ним

професіоналізму високого рівня вважається компетентнісно орієнтоване навчання.

Побудовані на компетентнісній основі стандарти містять перелік загальних і фахових компетентностей та відповідних їм програмних результатів навчання. Нормативне визначення поняття «компетентність» подано в Законах України «Про освіту» (2017 р.) та «Про вищу освіту» (2014 р.) в такому вигляді: «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» [247].

Як слушно зауважує О. Іваницький, введення цього терміна є закономірним і детерміновано такими чинниками:

«– лаконічно виражаючи значення традиційної тріади «знання, уміння і навички», він є сполучною ланкою між її компонентами, проте значно виходить за межі цієї тріади, поєднуючи низку особистісних якостей майбутнього фахівця;

– компетентного фахівця відрізняє здатність серед значної кількості рішень обрати найбільш оптимальне, спростувати хибні рішення, тобто володіти критичним мисленням;

– компетентність містить як змістовний, так і процесуальний компоненти. Компетентна людина повинна розуміти не лише суть проблеми, а й уміти розв'язувати її практично» [105, с. 129–130].

Стандарти мають однакову структуру, що стосується теоретичного змісту предметної сфери, переліку компетентностей випускника певного рівня, нормативного змісту підготовки бакалавра, який сформульований у термінах програмних результатів навчання тощо.

Зокрема, перший (бакалаврський) рівень для галузі знань 01 Освіта/Педагогіка – спеціальність 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями) передбачає, що теоретичний зміст предметної сфери є таким: «Основні поняття, концепції, принципи і технології наук про освіту,

фундаментальних і прикладних наук галузі відповідно до спеціалізації. Теорії і методи, складні спеціалізовані задачі та вирішення практичних проблем у професійній освіті та виробничій діяльності згідно зі спеціалізацією» [407]; для галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 104 Фізика та астрономія: «базові знання загальної фізики (механіка, коливання та хвилі, молекулярна фізика та термодинаміка, електрика та магнетизм, оптика, атомна фізика, фізика ядра та елементарних частинок); основ теоретичної фізики (класична механіка, статистична фізика та термодинаміка, електродинаміка, квантова механіка); загальної астрономії, загальної та теоретичної астрофізики, космології» [241]; для галузі знань 09 Біологія, спеціальність 091 Біологія: «будова, функції та процеси життєдіяльності, систематика, методи дослідження неклітинних форм життя, прокариот і еукаріот. Структурні та функціональні характеристики біологічних систем на різних рівнях організації. Механізми збереження, реалізації та передачі генетичної інформації в організмів. Форми взаємовідносин між мікро- та макроорганізмами. Еволюційні ідеї органічного світу. Будова та функції імунної системи, механізми імунних реакцій, їх регуляція і контроль. Поняття, концепції, принципи, закони сучасної біологічної науки та їх використання для оцінювання стану біологічних систем різного рівня організації, представлення та використання результатів біологічних досліджень» [240] тощо. При цьому перелік компетентностей випускника рівня «бакалавр» має три складових (компоненти): інтегральна компетентність, загальні та спеціальні (фахові) компетентності. Залежно від видів діяльності майбутнього вчителя (викладача) певної галузі знань (а відповідно й виду компетентностей) склад кожного з наведених компонентів має забезпечувати майбутніх учителів знаннями про особливості конкретного виду діяльності, набором способів дій, що необхідні для її виконання, і потребою в її здійсненні.

Такі програми на рівні бакалавріату й магістратури вже впроваджують у деяких закладах вищої освіти [369; 10; 184; 206].

Проте проблемною в послідовній реалізації компетентнісного підходу до підготовки вчителів природничих дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності постала відсутність державних стандартів спеціальності 014 Середня освіта як на першому, так і на другому рівнях вищої освіти. Тому ми звернулися до чинних освітніх програм «Середня освіта (Природничі науки)», які апробує низка закладів вищої освіти. Зокрема, у 2019 р. вже дев'ять закладів вищої освіти ведуть підготовку майбутніх учителів інтегрованих дисциплін за освітньою програмою 014.15 Середня освіта (природничі науки).

З метою визначення наявності в освітніх програмах дисциплін, що здатні забезпечити підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технології, нами було проведено аналіз освітніх програм університетів, які здійснюють фахову підготовку вчителів спеціальностей 014 Середня освіта, спеціалізація 04 Математика, 08 Фізика та 09 Інформатика ступеня вищої освіти «бакалавр».

Загалом нами було проаналізовано освітні програми першого (бакалаврського) рівня природничо-математичних спеціальностей Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДУ), Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка (ТНПУ) [208–213] та Полтавського національного педагогічного університету ім. В. Короленка (ПНПУ) [35].

Ці освітні програми в основному викладаються на факультетах природничих дисциплін, і всі вони розроблені колективами авторів, які спеціалізуються в різних наукових сферах.

Відповідно до вимог «Методичних рекомендації щодо опису освітньої програми в контексті нових стандартів вищої освіти» [242], усі освітні програми повинні мати певну структуру, що дає можливість їх порівняти з метою визначення спільних та відмінних рис.

Зокрема, кожною з програм передбачено формування інтегративних компетентностей, які надають розуміння навчальних досягнень майбутнього вчителя та його можливостей після успішного завершення навчання. З метою забезпечення цілісності формування особистості майбутнього вчителя для виконання ним навчально-виховних функцій освітня програма містить загальноосвітні дисципліни соціально-гуманітарного спрямування, які сприяють розвитку загальної культури й соціалізації особистості майбутнього вчителя, профільних дисциплін, що забезпечують предметну (теоретичну, практичну) підготовку та дисциплін психолого-педагогічного циклу, які готують майбутніх учителів до навчально-виховної роботи. Програма також передбачає сукупність дисциплін за вибором, у ході яких відбувається формування загальних та фахових компетентностей. Також обов'язковою є практична підготовка у вигляді навчальної та виробничої (педагогічної) практик і виконання науково-дослідної роботи у формі написання курсових та випускних кваліфікаційних досліджень.

Частину цих дисципліни можна класифікувати як такі, що сприяють досягненню результатів навчання в одному з напрямів: наука (S), технології (T), інженерія (E), математика (M).

Аналіз навчальних планів дав змогу класифікувати частину дисциплін як таких, що забезпечують результати навчання з напрямів:

– наукового (S) – дисципліни, які формують наукову картину світу, забезпечують уміння виявляти, аналізувати наукові моделі, застосовувати теорії. До цієї категорії були віднесені базові дисципліни, такі як хімія, біологія, основи наукових досліджень тощо;

– технологічного (T) – дисципліни, які формують уміння використовувати сучасні технології в професійній діяльності і мати уявлення про тенденції їхнього розвитку. До цієї категорії ввійшли дисципліни, такі як програмування, інформаційні технології тощо;

– інженерного (Е) – дисципліни, які формують компетентності у сфері конструювання та моделювання об’єктів із використанням сучасних технологій. До цієї категорії були віднесені такі дисципліни, як демонстраційний експеримент, основи електроніки;

– математичного (М) – базові дисципліни, які знайомлять з математичними моделями і методами опису об’єктів і процесів. Дисципліни цього напрямку: математичний аналіз, вища алгебра, теорія ймовірностей.

Кількісне оцінювання кількості кредитів профільних дисциплін у переліку освітніх програм проводилася з урахуванням їх належності до одного з напрямів.

Співвідношення за кількістю кредитів між напрямами показано на рис. 1.7. Як видно, співвідношення між різними напрямами різняться, що вказує на різницю в освітніх підходах до наукових профілів університетів.



Рис. 1.7. Відсоток предметів спеціалізації «Природничі науки» в різних закладах вищої освіти

Оскільки дисципліни технологічного, інженерного та математичного блоків для спеціалізації не є базовими, то в освітніх програмах основу становлять дисципліни таких напрямів, як біологія, хімія, географія, фізика. У рамках цих дисциплін можливе проведення інтегрованих занять на основі однієї дисципліни або вивчення окремих курсів/модулів. Проведення занять інших типів потребує застосування значних ресурсів на підготовку і проведення. Тому їх застосування можливе в періоди проведення навчальної та педагогічної практик або в дисциплінах вільного вибору.

У навчальних планах спеціальностей серед дисциплін вільного вибору присутні інтегративні курси, які дають змогу будувати короткотермінову проєктну діяльність. Як видно з наведеної діаграми (рис. 1.7), інтегративні курси становлять більше ніж двадцять навчальних кредитів у блоці наукових дисциплін (S). Ці дисципліни інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки.

Застосування сучасних технологій дає змогу осучаснити підходи до викладання базових дисциплін і дисциплін професійного спрямування. У більшості ці дисципліни належать до блоку вибіркових, студентам надається можливість обрати цікавий для них напрям досліджень. Наявність таких дисциплін, як «Комп'ютерне моделювання», «Інтернет речей», забезпечує побудову освітнього процесу відповідно до критеріїв інтегрованості та інноваційності, оскільки ці курси мають їх у своїй основі. Кожна з цих дисциплін відповідає за процес науково-дослідного, інноваційного та соціального розвитку майбутніх фахівців, зокрема майбутніх учителів природничих наук.

Такі зміни закріплено в оновленій варіативній частині навчальних планів, куди введено курси STEM-освітнього спрямування: «Основи робототехніки», «3D-моделювання», «Розумні пристрої Інтернет-речей».

Нові дисципліни і курси за вибором, спрямовані на підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до впровадження STEM-освіти, вводять в освітні програми багатьох ЗВО.

Зокрема, у праці [33] описано варіанти реалізації STEM-проєктів засобами робототехніки і наведено приклади тем з навчальних планів таких дисциплін, як біологія, фізика, хімія, у яких можливий трансфер знань, що забезпечує міждисциплінарність проєктів з названих напрямів. Також у праці описано схему формування міждисциплінарних зв'язків у таких проєктах.

Для встановлення загальної картини результатів навчання (компетентностей) нами було проведено кількісний контент-аналіз

ключових слів в навчальних програмах, які вказують на діяльність за вказаними спеціальностями. Було виявлено дієслова, які дають змогу класифікувати результати навчання за різними рівнями (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

**Ключові слова результатів навчання
та частота їх використання**

Дієслово	Частота	Рівень	Дієслово	Частота	Рівень
Аналізує	24	Аналіз	Передбачає	4	Аналіз
Виконує	7	Застосування	Перенесення системи	3	Синтез
Використовує	33	Застосування	Підвищує	2	Застосування
Виокремлює	4	Розуміння	Планувати	8	Синтез
Вирішує	4	Аналіз	Поважати	5	Розуміння
Відтворювати	6	Знання	Поширює	4	Застосування
Володіє	30	Застосування	Проводити	3	Застосування
Демонструє	6	Застосування	Проектувати	13	Синтез
Діагностувати	3	Аналіз	Проявляє	2	Застосування
Добір	1	Синтез	Робить висновки	1	Аналіз
Дотримується принципів	6	Розуміння	Розв'язує	48	Застосування
Забезпечує	14	Застосування	Розуміє	37	Розуміння
Застосовує	47	Знання	Сприймає	2	Розуміння
Здатність	130	Застосування	Створює	6	Синтез
Здійснювати	26	Застосування	Стежить	1	Застосування
Знає	127	Знання	Стимулює	1	Застосування
Керувати	3	Синтез	Узагальнює	3	Розуміння
Контроль	5	Оцінювання	Уміє	18	Застосування
Користуватися	7	Застосування	Управляє	2	Застосування
Оперує	7	Розуміння	Усвідомлює	9	Розуміння
Описувати	4	Розуміння	Формувати	21	Застосування
Організовувати	44	Застосування	Характеризувати	18	Розуміння
Оцінювати	17	Оцінювання	Цінувати	3	Розуміння

Серед цільових орієнтирів освітньої програми виокремлено ті, що сприяють формуванню та розвитку тих характеристик, які пов'язані з інтеграцією технологій і наукових досліджень. Наведемо перелік деяких формулювань програмних результатів навчання (Додаток В):

– узагальнює досвід та світові інновації в наукових дослідженнях природничих наук для їх адаптації і використання в площині навчального предмета;

– здатний розрізняти, критично осмислювати, використовувати традиційні й інноваційні підходи, принципи, методи, прийоми навчання та організації професійної діяльності;

– здатний дотримуватись принципу науковості при трансляції наукових біологічних, фізичних та хімічних знань у площину шкільних початкових предметів з біології, фізики та хімії, здійснює структурування навчального матеріалу;

– уміє використовувати математичні методи, створювати математичні моделі природних явищ і процесів. Усвідомлює варіативність математичних методів у розв'язанні природничих проблем;

– здатний формувати і підтримувати належний рівень мотивації учнів до занять математикою;

– добирає й застосовує сучасні освітні технології для формування в учнів предметних компетентностей, здійснює самоаналіз ефективності уроків.

Результати навчання, що мають ціннісну орієнтацію, описують такими дієсловами, як: дотримуватися принципів, поширювати, виявляти, спонукати, усвідомлювати, цінувати, поважати, сприймати, підтримувати тощо. Їх кількість становить від 5 до 9 відсотків на кожній спеціальності.

Співвідношення між різними мисленнєвими рівнями наведено на рис. 1.8. Воно засвідчує, що основну увагу у фаховій підготовці майбутніх учителів приділяють практичній складовій, проте навчальні результати «знання» і «розуміння теорій» теж посідають значне місце у підготовці фахівців. Очевидно, що інтегративні та інноваційні результати навчання не можуть бути сформовані лише в межах однієї дисципліни. Для більшості спеціальностей формування цих функцій покладено на дисципліни методичної та практичної груп, таких як: методика навчання (в галузі), навчальні та виробничі практики, основи наукових досліджень, практикуми/експерименти (в галузі), вибрані питання програмування тощо. Крім того, перелік компонент освітніх програм оновлено такими

сучасними дисциплінами, як «3D-моделювання та друк», «Робототехніка», «Інтернет речей» тощо. Однак частина предметів, які формують розглянуті компетентності, належить до блоку дисциплін вільного вибору.



Рис. 1.8. *Співвідношення між різними рівнями компетентностей в освітніх програмах*

Аналіз навчальних планів спеціальностей курсу «Природничі науки» дав змогу встановити, що в освітніх програмах цих спеціальностей інтегративність забезпечується як у формі окремих дисциплін, так і в курсі дисциплін методичного циклу. Освітні програми частково враховують науково-технічний рівень розвитку сучасного світу, створюючи дисципліни інноваційного змісту, такі як «STEM-освіта вчителя» тощо.

Не менш важливою у цьому аспекті, на думку В. Петрук, є *когнітивно-творчу компетенцію майбутнього вчителя математики*, що детермінується як здатність творчо набувати знання, вміння, навички, мати творчий потенціал самоосвіти і саморозвитку, що визначає спроможність людини до творчості, успішність творчої діяльності, наявність її результатів. Вона виступає найважливішою складовою когнітивно-творчої компетенції майбутнього вчителя є вміння здобувати знання та самостійно використовувати ці знання у практичній діяльності. Тому, завдання вищого навчального закладу – не тільки дати студентам знання, сформувати вміння і розвинути навички самостійності які визначаються здатністю

систематизувати, планувати та регулювати свою діяльність без безпосереднього постійного керівництва, але й виробити в них постійну звичку самостійно поповнювати знання, прагнення до самоосвіти і розвинути здатність перенесення цієї звички в майбутню діяльність. [221, с. 205].

З огляду на це, як зазначає С. Лісова, необхідно «здійснити не просто переробку чинних освітніх програм для підготовки бакалаврів, дипломованих фахівців/магістрів, але й спроєктувати їх у новому компетентісно-методологічному плані, коли в основі стандартів будуть перебувати не кількісні й змістовні параметри «входу» й «процесу», але характеристики, що відображають якісні результати освітнього процесу, виражені інтегрованою мовою компетентностей» [157].

Отже, проведений аналіз програм професійної підготовки учителів природничих наук в окремих закладах вищої освіти засвідчив наявність в кожній освітній програмі окремих STEM-дисциплін, що інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки. Аналогічні дисципліни є і в освітніх програмах підготовки майбутніх учителів фізики, математики, інформатики, біології. Водночас виявлено, що системної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій не здійснюється.

1.3.3. Стан практичного впровадження STEM-освіти в Україні

Сучасне практичне впровадження STEM-освіти в Україні базується на традиціях та положеннях політехнічної освіти Радянського союзу.

Так, у радянські часи загальна освіта була нерозривно пов'язана з політехнічною, яка ознайомлювала учнів з основними принципами всіх процесів виробництва і водночас давала дитині чи підлітку навички поводження з найпростішими знаряддями. У 30-х рр. ХХ ст. у вченні про політехнічну освіту в СРСР було поставлено завдання проведення безоплатної й обов'язкової загальної й політехнічної (що ознайомлює в

теорії й на практиці з усіма головними галузями виробництва) освіти для всіх дітей обох статей до 17 років.

Перші 15 років радянська школа розвивалась як трудова політехнічна на основі поєднання навчання із суспільно корисною і продуктивною працею. Однак пізніше школа поступово відходить від політехнічного навчання.

У 1937 р. були ліквідовані навчальні майстерні, ручна праця в школі. Тоді стався певний відрив навчання від життя.

У 1958 р. був прийнятий «Закон про зміцнення зв'язку школи з життям і про дальший розвиток системи освіти в СРСР», який забезпечив можливість здійснення єдності загальної, політехнічної освіти з професійною підготовкою учнів у середній школі.

У 1961 р. були прийняті рішення держави про подальший розвиток загальної, політехнічної і професійної освіти на основі зміцнення зв'язку школи з життям, працею і практикою. Тому, у 9–11-х класах, крім загальної і політехнічної освіти, здійснювалась професійна підготовка. Вона давала спеціальні знання і вміння з певної професії в обсязі, необхідному для забезпечення належної продуктивності праці. Чим вищий був рівень загальної і політехнічної освіти, тим вищу кваліфікацію можна було дати учневі, тим швидше він мав оволодіти професією. Закінчуючи середню школу, учні одержували досить широку професійну підготовку на рівні перших ступенів кваліфікації

У сучасних умовах одним із перспективних напрямів STEM-освіти є **робототехніка**.

Незважаючи на те, що донедавна робототехнічні системи розглядалися тільки як засоби навчання фаховій діяльності студентів технічних спеціальностей [278; 165], зараз робототехніка набуває неабиякої популярності серед учнівської молоді.

Для порівняння, публікації з робототехніки для освіти школярів у зарубіжних виданнях зустрічаються від початку двохтисячних років [391; 400].

Навчальні програми з робототехніки для школярів спочатку створювалися в більшості для технічних гуртках позашкільної освіти або як курси за вибором в окремих школах.

Наприклад, на сайті Міністерства освіти України було опубліковано такі навчальні програми, які отримали гриф «Рекомендовано»:

- навчальна програма курсу за вибором «Основи робототехніки» для 5-8-х класів (автор Д. Кожем'яка, 2009 р.);

- програми гуртка «Технічне конструювання» Українського державного центру позашкільної освіти (2009 р., 2012 р., 2014 р.);

- програма курсів за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5–9-х класів загальноосвітніх навчальних закладів «Технологія створення електронних приладів» (С. Дзюба, І. Кіт та ін., 2013 р.);

- програма курсів за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5–9-х класів загальноосвітніх навчальних закладів «Технологія керування робототехнічними системами» (С. Дзюба, І. Кіт та ін., 2013 р.);

- програма курсу за вибором «Основи робототехніки» (автори Т. Лисенко, Б. Шевель, 2014 р.);

- навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям (за ред. Г. Шкури, Н. Ніколаєнко, 2018 р.);

- програма курсу за вибором «Робототехніка» для учнів 8–9-х класів загальноосвітніх навчальних закладів (автори А. Василюк, П. Клименко, К. Ніфантьєв, 2018 р.).

Питання робототехніки також знаходить підтримку у влади. Так, у 2016 р. Інститутом модернізації змісту освіти спільно з Інститутом інформаційних технологій та засобів навчання розпочато новий дослідний

проект «Варіативні моделі комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу в загальноосвітньому навчальному закладі». Метою цього проєкту є «розробка відповідних розділів та модулів навчальних предметів, що містять розділ «STEM-робототехніка» та навчально-методичних матеріалів для учнів і вчителів» [70].

У 2018 р. було створено експертно-консультативний комітет Цифрових технологій в освіті при Міністерстві освіти і науки України, куди ввійшли провідні науковці та представники бізнесу В. Омельченко, Н. Морзе, С. Дзюба, компанії: Cisco, Networking Academy, Code Club UA, Центр робототехніки BOTEON, BrainBasket Foundation та ін. Цей комітет буде сприяти впровадженню в шкільну програму передового досвіду навчання інформаційним технологіям за сучасними методиками, враховуючи вимоги до підручників і шкільного цифрового обладнання. Вже зараз під керівництвом цієї групи в трьох пілотних школах (м. Київ та Чернігівська обл.) проводяться заняття за проєктом «ІТ-школяр». Планується розробка навчальних програм для навчання 3D-моделюванню, робототехніки, кібербезпеки, хмарних технологій тощо. Створення таких програм дасть можливість надання якісної сучасної STEM-освіти в усіх навчальних закладах України.

Також з 2018 р. в Україні стартував проєкт соціальної ініціативи «ІТ-школяр», у рамках якого проводиться розробка навчальних програм для навчання 3D-моделюванню, робототехніки, кібербезпеки, хмарних технологій тощо. Організаторами такої ініціативи стали комерційні освітні проєкти і Міністерство освіти і науки України [110]. Результатом такої співпраці планується розробка нового навчального стандарту курсу «Інформатика» для учнів 1–12-х класів загальноосвітніх шкіл України. На сьогодні вже до існуючої програми «Вступ у кібербезпеку» (автори М. Войцеховський, Ю. Гапонюк, О. Густяк, С. Дзюба, Т. Проценко) додана

програма «Основи кібербезпеки» (автори М. Войцеховський, Т. Проценко, Ю. Гапонюк).

У рамках співпраці з компанією «Інноваційні освітні рішення» створено програму курсу за вибором «Робототехніка» (2018 р., автори А. Василюк та ін.).

Акцент на розвиток STEM-освіти в Україні спонукав дослідників приділити більше уваги цій проблемі, зокрема в галузі робототехніки.

Так, одними з перших публікацій, які стосуються використання робототехніки як засобу навчання майбутніх учителів та школярів у системі формальної освіти, стали праці О. Мартинюка [165; 166]. Автор запропонував програму підготовки майбутніх учителів фізики до використання засобів робототехніки в освітньому процесі.

Також питання розвитку STEM-освіти в школі через вивчення робототехніки описано у праці [117].

Використання робототехніки, як засобу STEM-освіти, присвячено дослідження Т. Крамаренко, О. Пилипенко [132], у якому автори розглядають можливість інтеграції уроків з інформатики та математики і наводять приклади реалізації через використання робототехніки та програмних засобів інформаційно-комунікаційних технологій.

У праці [184] стверджується, що робототехніка є сучасною формою міждисциплінарної освіти і формує такі ключові компетентності, як математична компетентність, компетентність у науці й техніці, цифрову компетентність та соціальну.

Авторським колективом на чолі з Н. Морзе розглянуто можливості робототехніки як курсу, який здатний сформувати ключові і предметні компетентності [184]. На думку авторів, робототехніка, як засіб навчання, органічно поєднує всі складові STEM-освіти: інтегративність, інноваційність, науково-дослідну діяльність. Інтеграція робототехніки в навчальний процес «допомагає стимулювати навчальну мотивацію учнів, розвиває здатність вирішити проблеми та підвищує їхню навчально-

дослідну роботу, надає дітям можливість створювати свій власний продукт, і в цьому процесі виражати творче мислення». Робота містить ґрунтовний аналіз можливостей робототехніки як інструментарію для інноваційного освітнього середовища.

У праці таких авторів, як О. Барна і Н. Балик [10] розглянуто моделі реалізації роботи технічної освіти в навчальних закладах. Запропоновано багаторівневу модель організації STEM-навчання й описані етапи її впровадження.

Проте якість впровадження STEM-освіти в Україні все одно визначається компетентністю та рівнем професійної підготовки педагогів, які будуть реалізовувати і вже реалізують та популяризують напрям STEM-освіти, що актуалізує потребу в підвищенні кваліфікації вже вчителів природничо-математичних дисциплін, які вже мають практику, та належній підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін.

Зокрема, навчання вчителів природничо-математичних дисциплін, пов'язане, насамперед, з активною пізнавальною діяльністю та дослідженням, створює позитивний досвід використання STEM технологій. Це допомагає не лише швидше сприймати інформацію, але й застосовувати її у своїй практиці та створювати нові знання [466]. Сьогодні підвищення кваліфікації для вчителів природничо-математичних дисциплін, які вже працюють, забезпечуються короткочасними курсами [408].

Популяризація STEM-напрямку дає позитивні зрушення в системі раннього залучення молоді до науково-технічної та інноваційної діяльності. Існують різні її форми: фестивалі, конкурси, змагання, квести тощо. Участь у таких заходах та їх проведення є необхідною умовою в популяризації інноваційної діяльності. У молоді є можливість представити свою роботу бізнесу і отримати відгуки або пропозиції її розвитку чи фінансування. В Україні проводиться велика кількість заходів на

популяризацію STEM-освіти серед молоді: фестиваль інновацій Kiyv Mini Make Fair, IT фестиваль 4.0 (Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький), фестивалі FIRST LEGO League та FLL Jr. («Інноваційні освітні технології»), змагання Роботрафік (НБК «ОРТ»), змагання Robotronica та РобоРейс (Одеська національна академія харчових технологій), молодіжний IT фестиваль «Весна soft» (Кропивницький), фестиваль Tech Fest і BestRoboFest в Дніпрі, наукові пікніки (в різних містах України), олімпіада з робототехніки AsimovOlympics (Харків-Київ-Одеса), Всеукраїнський фестиваль інновацій, Ferrexpo Robot Fest (м. Горішні Плавні), Sikorsky Challenge (КПІ). Попитом стали користуватися в канікулярний період тематичні табори для дітей та молоді – табори робототехніки (міста Київ, Миколаїв, Харків, Херсон), програмування (міста Дніпро, Київ, Кременчук, Харків), літні математичні школи (міста Київ, Львів, Харків).

Популярним напрямом навчання і демонстрації досягнень є хакатон. Це термін, що виник внаслідок поєднання основ двох слів – «хакер» і «марафон». Сьогодні хакатони вже не стосуються хакерства, це просто «марафон програмістів», де невеликі команди фахівців з різних сфер розробки програмного забезпечення (програмісти, дизайнери, менеджери) спільно працюють над вирішенням певної проблеми. Зазвичай хакатони тривають від одного дня до тижня. Завданням хакатона є створення повноцінного програмного забезпечення, але є й хакатони, які призначені для освітніх або соціальних цілей. Існують різні напрями і тематики хакатонів – від медицини до міського проектування.

Серед великої кількості хакатонів, що проведені в Україні за останні роки, відзначимо:

– GoITeens STEM Hackathon – це хакатон ідей і проєктів з розвитку електроніки, що засновані на синтезі природних наук, інноваційних технологій, інженерії та математики;

– Хакатон «Energy Hack» – перший Всеукраїнський енергетичний хакатон «Energy Hack» для учнів 9–11-х класів загальноосвітніх навчальних закладів та вихованців позашкільних навчальних закладів. Його метою було дослідження наявних та розроблення нових енергоефективних, енергоощадних рішень для жителів України. Результатом роботи учнівської команди є діюча модель власного рішення та мультимедійна презентація, де відображено бізнес-модель технічного рішення.

Основними завданнями хакатонів є:

- залучення учнівської молоді до навчально-практичної та науково-дослідної діяльності;
- поглиблення знань учнів із технічних та природничих дисциплін;
- формування пізнавальних інтересів учнів, організація їхньої самостійної та групової пізнавальної діяльності;
- сприяння професійному самовизначенню учнів.

Хакатони є формою проєктної діяльності. Це командний вид змагань, які проводяться впродовж декількох днів (зазвичай 1–2 дні). Відмінністю від змагань є те, що оголошується попередньо тільки тема і задіявані технології. У день змагань командам видають завдання, яке потрібно реалізувати впродовж деякого проміжку часу. Завдання має комплексний характер і потребує зусиль усієї команди. У кожного з членів команди є своя роль. Якщо говорити про хакатони напряму STEM, то для вирішення, наприклад, проблеми порятунку лісу від пожежі, команді потрібно створити прототип пристрою, запрограмувати його, представити рішення до захисту. У цьому випадку команда може розподілити ролі між учасниками, відповідно до плану робіт.

Крім цього, розвитку професійної компетентності сприяє їхня «участь у різнопланових заходах регіонального, всеукраїнського, міжнародного рівнів: наукові конференції, семінари, вебінари, фестиваль «STEM-освіта», конкурси, навчання у «Веб STEM-школі» тощо [172].

Не менш важливим у впровадженні STEM-освіти в Україні є поширення вчителями природничо-математичних дисциплін власного досвіду та здобутків, мотивації свідомого вибору здобувачами освіти майбутньої професії, залучення здобувачів освіти до проведення дослідної та експериментальної роботи в робототехніці, до участі їх у конкурсах, олімпіадах, змаганнях, роботі у Малій академії наук (МАН).

Також в окремих вищих навчальних закладах створюються осередки STEM-освіти і впроваджуються нові моделі навчання [333]. Так, у 2018 р. при кафедрі інформатики, комп'ютерної інженерії та економічної кібернетики Херсонського державного університету створена STEM-школа [369], метою роботи якої є практика формування STEM-культури, організації STEM-освіти, її популяризація серед молоді та дорослих.

Серед завдань діяльності STEM-школи є формування наукового світогляду, критичного мислення, творчих здібностей, мотивація здобувачів освіти різних ступенів до освіти у технічній сфері. Завдяки роботі створеної STEM-школи здобувачі вищої освіти факультету мають можливість проходити практику і проводити заняття з програмування, робототехніки та ін., брати участь і бути серед організаторів STEM-досліджень, STEM-змагань, STEM-фестивалів. Неодноразово вони були призерами робото-змагань у Харкові, Києві, Херсоні та інших містах України. Є призери і серед здобувачів освіти – учасників університетських олімпіад із програмування та інформаційних технологій. Викладачі кафедри інформатики, комп'ютерної інженерії та економічної кібернетики ХДУ на базі STEM-школи проводять майстер-класи, тренінги, науково-практичні семінари з підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників у галузі інноваційної освітньої діяльності взагалі та STEM-діяльності зокрема. При STEM-школі вже кілька років постійно працюють «канікулярні» (за порами року) STEM-табори, де молоді люди різного віку отримують не лише теоретичні знання та практичні навички зі STEM-діяльності, а й велике задоволення від побачених або проведених самими

(під наглядом керівника) фізичних, хімічних, біологічних дослідів (наприклад, ефект торнадо, левітації, робо-бої тощо).

Дослідження [482] засвідчило, що існує готовність учителів і студентів до впровадження STEM-освіти, зокрема робототехніки в навчальний процес. Проте існує проблема методичного супроводу та формування обґрунтування щодо використання робототехніки в школі.

Різні аспекти підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до впровадження STEM-освіти стали предметом багатьох сучасних досліджень.

Так, теоретико-методологічні основи навчання майбутніх учителів фізики розглянуто у працях С. Стадніченко [283]. Авторка розглядає систему підготовки майбутніх учителів на основі формування міжпредметних зв'язків у ході проєктної діяльності. Зокрема, нею визначено основні критерії відбору змісту матеріалу для інтеграції предметів фізика-біологія-хімія-медицина для курсу вивчення дисципліни «Біофізика».

Питанням організації STEM-навчання і створення відповідного освітнього середовища присвячено праці [428; 291]. У праці О. Трифонові визначено мету реалізації STEM-освіти як «створення тісних зв'язків між школою, суспільством, роботою і світом у цілому, сприяння STEM-грамотності особистості та її конкурентоспроможності». На думку автора, така освіта «передбачає інтегрований підхід до навчання, у межах якого академічні науково-технічні концепції вивчаються в контексті реального життя». Автором наведено модель STEM-освіти навчання технічних і природничих дисциплін з урахуванням фізико-математичних та інженерних аспектів побудови техніко-технологічної карти світу [291, с. 38].

У статті [9] проаналізовано теоретико-методологічні засади створення моделі STEM-освіти, яка розглядається як перехід від традиційного навчання до інноваційного на прикладі організації STEM-

центру. Основними методами навчання при цьому розглянуто проєктне, практико орієнтоване навчання, перевернуте та змішане навчання, хмарні технології та технології WEB 2.0, мейкерство. Модель STEM-навчання побудована авторами «на базі методики навчання інформатичних дисциплін з урахуванням вимог та особливостей STEM-освіти». Вони використовують такі форми організації STEM-навчання:

- дні науки як в університеті, так і в інших освітніх закладах;
- наукові пікніки;
- університетські олімпіади із програмування та ІТ;
- конкурси, майстер-класи, тренінги, зимові та літні STEM-школи з обдарованими учнями;
- STEM-фестивалі;
- тренінги з метою підвищення кваліфікації вчителів міста та області в галузі STEM-освіти;
- науково-практичні семінари з підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників з питань інноваційної освітньої діяльності у сфері STEM-освіти та ін.

Отже, аналіз сучасного стану практичного впровадження STEM-освіти в Україні засвідчив наявність цілого ряду ініціативних груп влади, науковців і учителів-практиків, що розробляють окремі напрями STEM-освіти та популяризують її серед учнівської молоді. Значну увагу приділено використанню робототехніки як складової STEM-освіти, проте підготовка вчителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій є ситуативною та епізодичною.

1.3.4. Стан готовності вчителів до впровадження STEM-освіти

З метою вивчення поточного стану проблеми впровадження STEM-освіти, виявлення готовності вчителів до застосування STEM технологій в Україні, а також визначення прогалів у їх професійній підготовці нами проведено опитування серед учителів природничо-математичних

дисциплін [482]. В опитуванні взяли участь учителі різних шкіл і різних спеціальностей (рис. 1.9).

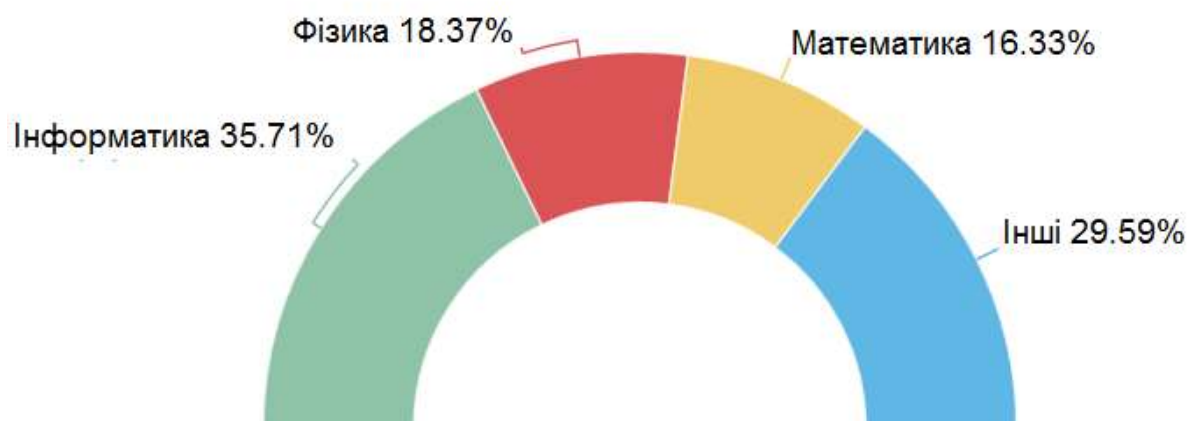


Рис.1.9. Розподіл респондентів-учителів за спеціальностями

Серед опитуваних більшу частину становили жінки (76%). Посаду вчителя мали 83% опитаних. Також серед опитаних було 15% викладачів університетів. Учителів математики (34,8%), фізики (19,6%), інформатики (17,4%) виявилось найбільше. Інші напрями були представлені вчителями хімії, біології та ін.

Опитування складалося з 10 запитань, що виявляли обізнаність щодо STEM-освіти, та 4 запитань про освітню активність учителів. При цьому анкета містила три типи запитань:

- 1) які передбачають вибір однієї та вибір кількох відповідей;
- 2) оцінювання за шкалою від 0 до 5;
- 3) довільна відповідь у вигляді тексту.

Учителів попросили оцінити свої знання та вміння за п'ятибальною шкалою.

На запитання про рівень обізнаності у питаннях STEM технологій було запропоновано відповісти у балах від нуля («Вперше чую про це») до п'яти балів («Активно використовую STEM технології») (рис. 1.10).

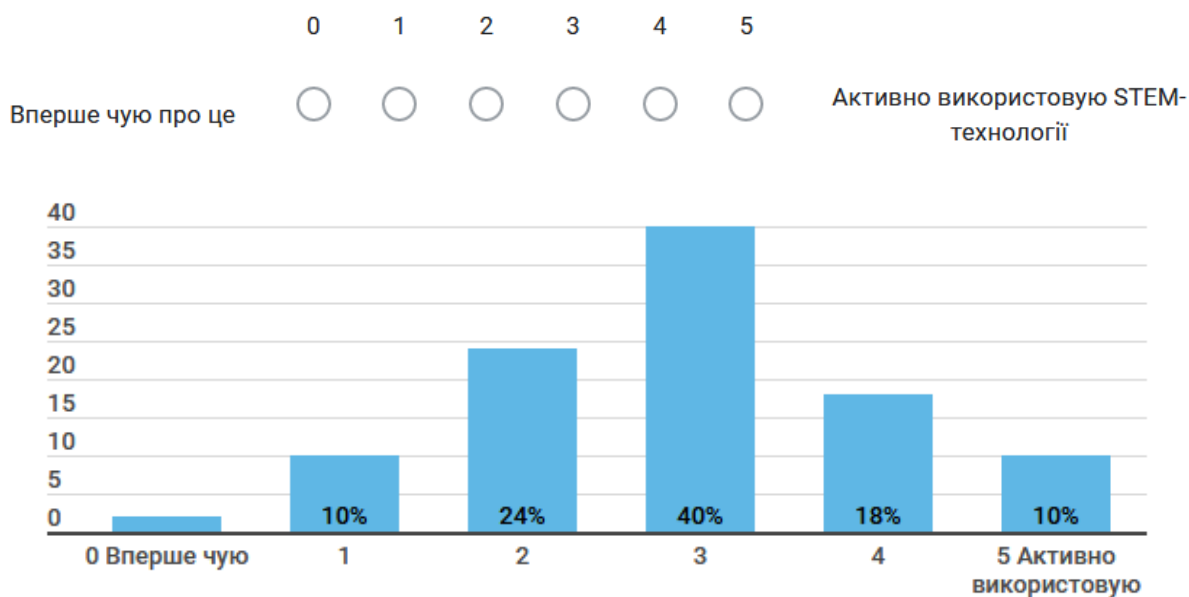


Рис. 1.10. Відповіді щодо рівня обізнаності у питаннях STEM-освіти

Як бачимо, результати відповідей засвідчують, що досить велика кількість учителів має уявлення про STEM-освіту. На відміну від попередніх результатів, частка вчителів, яким не знайомі поняття STEM-освіти, зменшилася (раніше вона становила 43%) [369]. Проведення онлайн-курсів, вебінарів, популяризація фестивалів, а також робота спільноти активних учителів привели до кращої обізнаності про STEM технології.

У запитанні про найкраще, найоптимальніше поєднання дисциплін, що входять до STEM-освіти, було отримано такі відповіді (рис. 1.11).

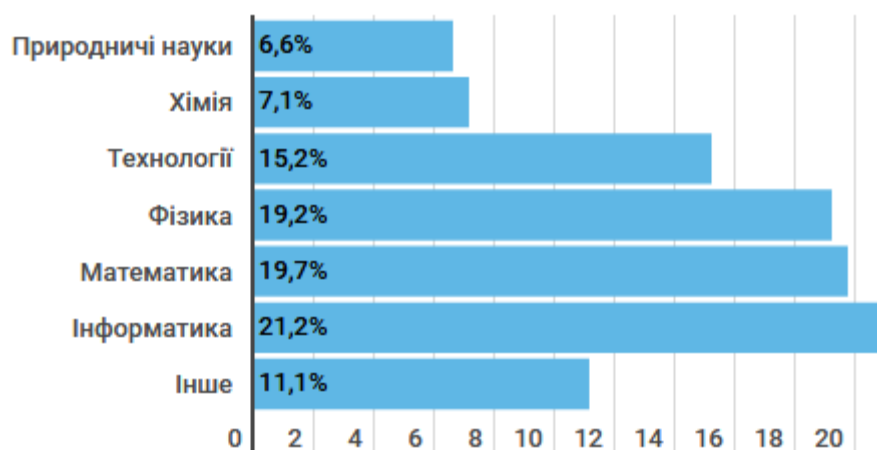


Рис. 1.11. Відповіді на запитання про найкраще поєднання предметів для STEM-освіти

Із запропонованого переліку можна було обрати не більше ніж чотири предмети.

Перевагу отримали такі дисципліни, як: комп'ютерні науки (87,5%), математика (81,3%), фізика (79,2%) і технології (62,5%). Всі інші дисципліни природничо-математичного циклу отримали менше ніж п'ятдесят відсотків. Дехто з опитаних зазначив філологію. Цікавим є факт, що вчителі переважно обирали «свої» дисципліни. Тобто в учителів математики перелік включав найбільшу кількість відповідей за математику, у вчителів фізики – за фізику. Цей розподіл зумовлений передусім спеціалізацією самих учителів і можливим прогнозуванням застосування STEM-освіти у своїй роботі. Такі результати можна пояснити позитивною рефлексією.

На запитання «Які з тверджень справедливі для STEM-освіти?» опитувані повинні були обрати кілька тверджень із запропонованих (рис. 1.12). У більшості учителів STEM-освіта асоціюється з перспективним напрямом, який допоможе зацікавити учнів науковим дослідженням світу (85,4%), а також надасть можливість бути причетним до інновацій (70,8%). Частина викладачів висловили сумніви в ставленні до STEM-освіти (16,7%).

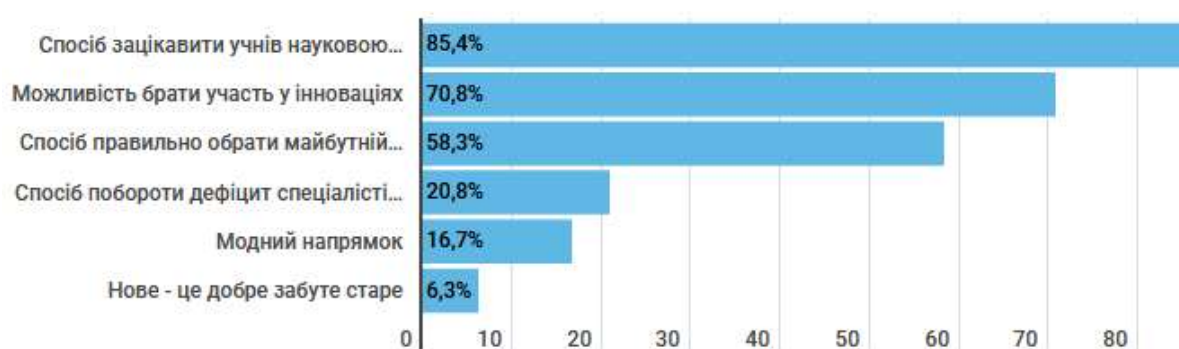


Рис. 1.12. Відповіді-твердження про STEM-освіту

На запитання «Які властивості, що притаманні STEM-освіті, найкраще її описують?» можна було обрати декілька варіантів для того, щоб визначити: з якими з навчальних технологій асоціюється цей напрям діяльності (рис. 1.13).

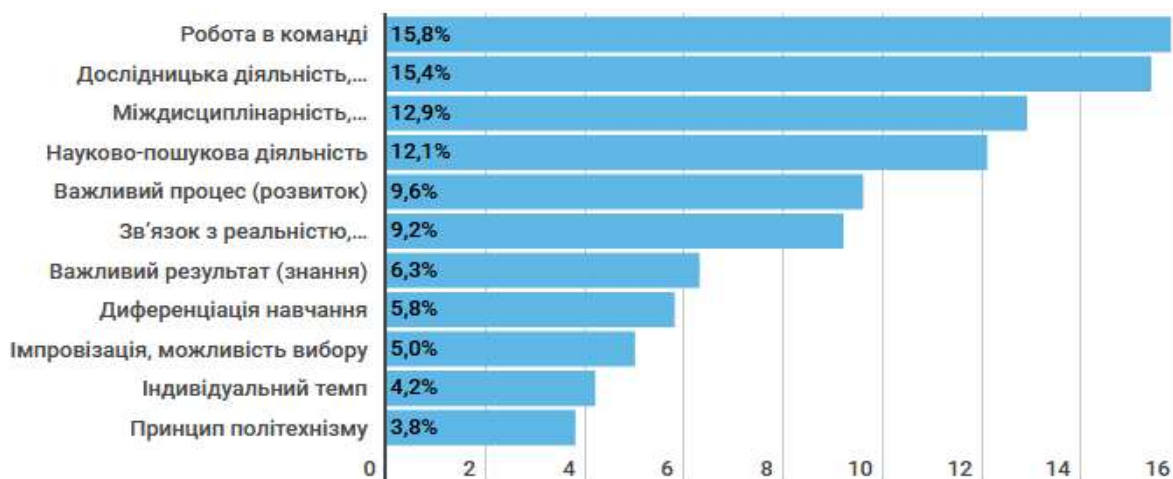


Рис. 1.13. Відповіді про характеристики STEM-освіти

Найбільш характерними для STEM-освіти, на думку більшості учителів, є робота в команді (79,2%), дослідна діяльність та можливість експериментувати (77,1%). Також важливими є науково-пошукова діяльність (60,4%), міждисциплінарність та інтегрованість (64,6%). Ці результати добре узгоджуються з результатами, викладеними у праці [359], зокрема в тому, що основними для вчителя є взаємодія, інтеграція та обмін досвідом.

Відповіді опитаних щодо забезпечення, яке мають школи для підтримки STEM-освіти, мають дуже подібні значення (рис. 1.14). Як видно з відповідей, існує недостатня матеріально-технічна база, посередня оцінка відносно організаційної підтримки та методичних матеріалів.

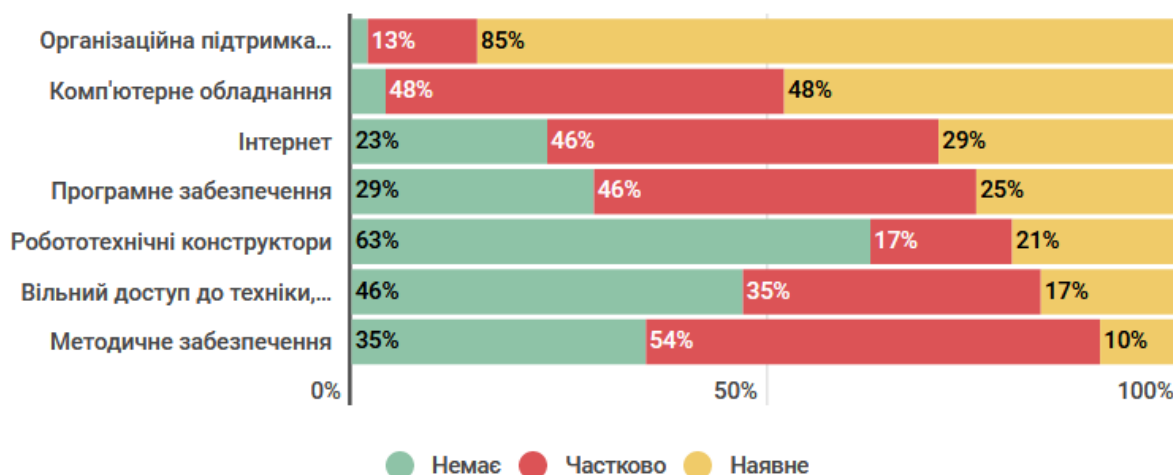


Рис. 1.14. Наявні ресурси для організації STEM-навчання

У наступному запитанні викладачі могли висловити свої побажання: «Що потрібно вчителю для застосування STEM технологій?» (рис. 1.15).

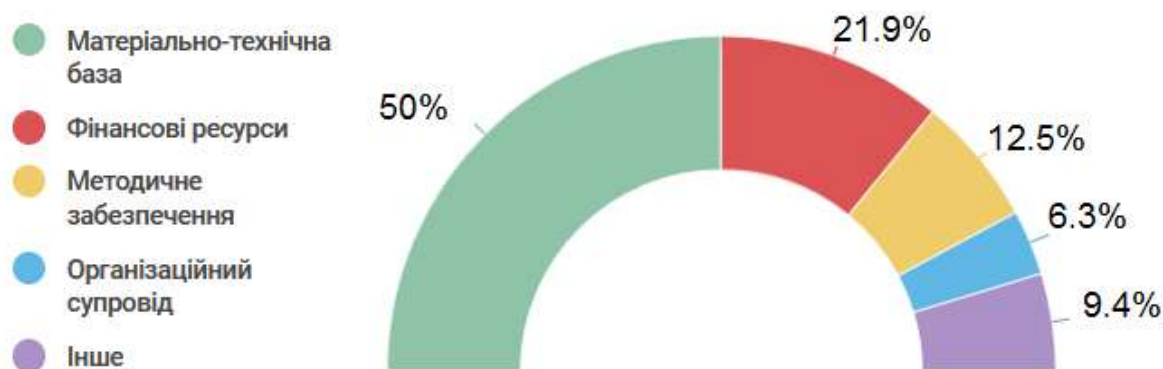


Рис. 1.15. Найбільш популярні відповіді на запитання про потреби викладачів для застосування STEM технологій

Більша частина учителів висловились за відновлення матеріально-технічної бази і фінансування цього напряму. Але частина викладачів все ж потребує методичної й організаційної підтримки. Слід зазначити, що одна з відповідей була «Час».

Наступні два запитання стосувалися активності самих учителів: «Чи проводите/відвідуєте Ви інтегровані заняття з різних предметів?» та «Чи є у Вас досвід застосування STEM у своїй професійній діяльності?». Відповіді потрібно було вказати в балах від нуля (варіант «Ні») до п'яти балів (відповідь «Так»). Більшість учителів проводять інтегровані заняття зі своїх предметів (рис. 1.16).

Водночас на інше запитання: «Чи є у Вас досвід застосування STEM у своїй професійній діяльності?» більшість учителів відповіла «Ні».

Такі різні відповіді свідчать про те, що в суспільстві та в професійній спільноті ще немає повного усвідомлення, що являє собою STEM-освіта і STEM технології. Це поняття є досить новим, тому й потрібно більше уваги приділити формалізації понять цього напряму та ознайомлювати широкий загал із його основними концепціями. Можливим також є неусвідомлення цінності власної діяльності і зіставлення її з існуючими практиками.

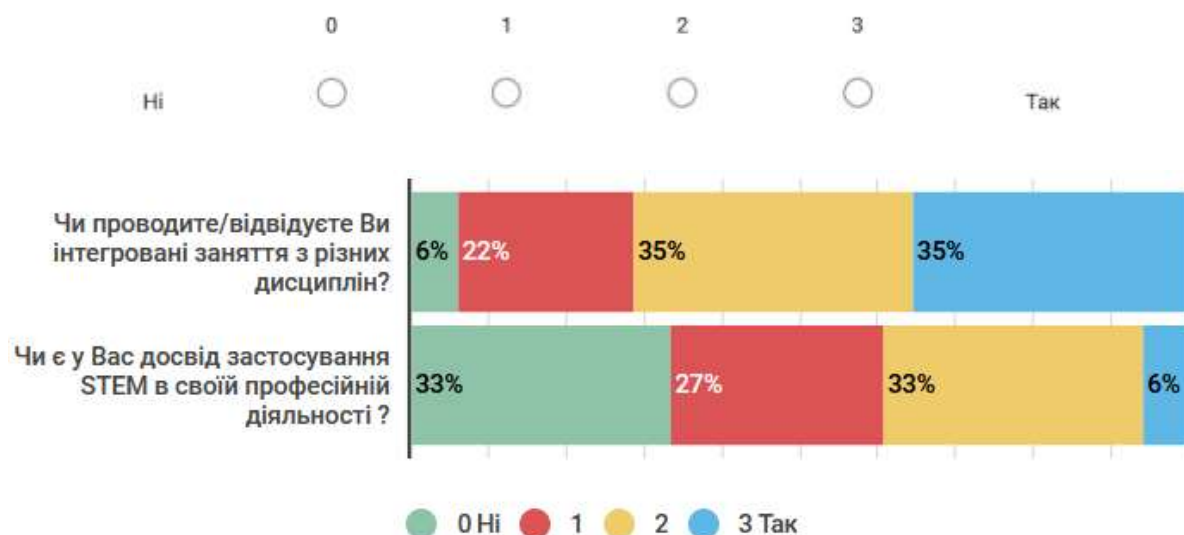


Рис. 1.16. Питання і відповіді про проведення інтегрованих занять

Відповіді на запитання «Учасником/організатором яких STEM-заходів Ви є?» переважно мали негативні відповіді. Учителі мали змогу визначити ступінь своєї залученості до активної взаємодії, а також вказати, які саме заходи вони організовують (рис. 1.17).

Зрештою відповіді на це запитання добре узгоджуються з результатами попереднього запитання.

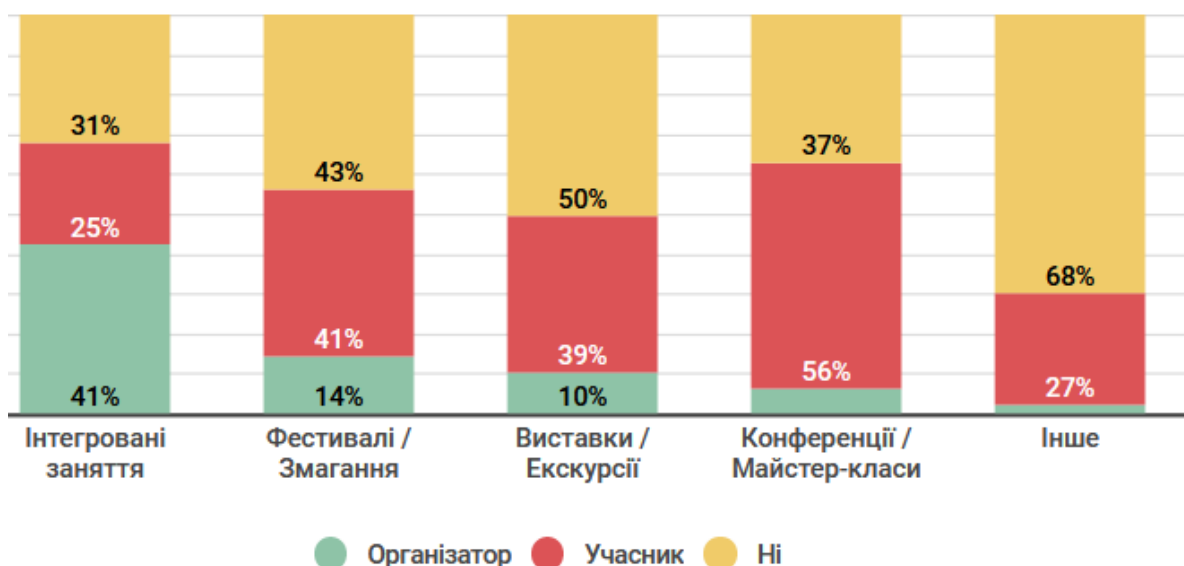


Рис. 1.17. Відповіді на запитання щодо участі та організації заходів вчителями

Відносна кількість негативних відповідей становила половину від загалу. Інша частина вчителів готові брати/беруть участь зі своїми учнями в заходах (рис. 1.18). При цьому значна кількість має пасивну роль, тобто є учасником, а не організатором.

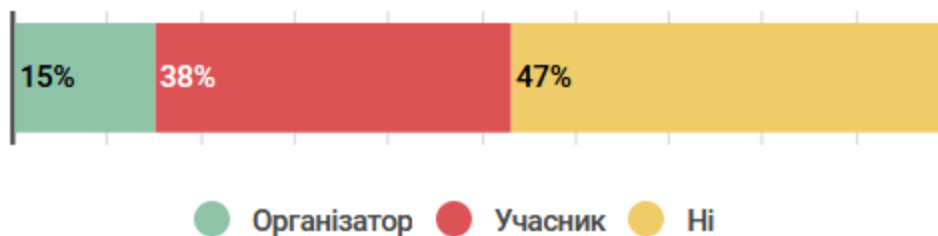


Рис. 1.18. Відповіді на запитання про активність у відсотках

Відносно велика активність у питанні щодо інтегрованих уроків пояснюється тим, що більшість із таких уроків проводиться з паралельних дисциплін або як міждисциплінарні заняття відповідно до класифікації [414]. Тобто це короткотривалі проекти, які можна реалізувати в межах шкільних занять. Серед відповідей про форми активностей в основному були кейс-уроки, майстер-класи, семінари та вебконференції.

Проте, пройшовши навчання відповідно до своєї спеціальності без використання сучасних форм і методів навчання, вчителі надають перевагу тим формам, які їм відомі або потребують їх пасивної участі.

Проведене опитування дає змогу зробити такі висновки:

- обізнаність у питаннях STEM-освіти зростає, але загальний рівень розуміння основних її принципів як технології на цей час залишається достатньо низьким;

- зважаючи на визнання провідної ролі співробітництва в STEM-освіті, частина вчителів готові самостійно організовувати взаємодію в освітній діяльності учнів. Однак частіше вчителі готові бути (пасивними) учасниками заходів, які присвячені питанням STEM-освіти, а не їх (активними) організаторами;

– співпраця, інтеграція та обмін досвідом відіграють важливу роль у формуванні активної спільноти вчителів STEM-предметів. Тому для залучення майбутніх учителів до професійної спільноти слід використовувати такі форми, які дають мотивацію для подальшого вдосконалення і впливають на формування системи їхніх цінностей.

Висновки до першого розділу

Узагальнення результатів здійсненого аналізу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій як проблеми педагогічної теорії та практичної діяльності системи освіти України дає підстави зробити такі висновки:

1. Базовими поняттями та понятійними конструктами дослідження визначено концепти: «система», «педагогічна система», «підготовка», «готовність», «STEM», «STEM-освіта», «STEM технології» та «STEM-дисципліни».

Поняття «система» визначено як складну цілісно організовану структуру, яка об'єднує сукупність та порядок окремих функціональних частин, що розміщені відповідно до свого призначення. Водночас система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій як «педагогічна система» – це множина підпорядкованих і взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. При цьому вона є динамічною, процесуальною та забезпечує створення оптимальних організаційно-педагогічних умов для формування відповідної готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у процесі професійної підготовки.

Поняття «підготовка» нами визначено як процес, у якому формуються та розвиваються знання, уміння, навички, ціннісні орієнтації та особистісні якості, що необхідні для застосування STEM технологій у професійній діяльності, та результатом якого є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього.

Поняття «STEM» нами тлумачиться як навчальна програма, яка використовує зазначені у назві навчальні дисципліни. Поняття «STEM-освіта» нами тлумачиться як освітня діяльність суб'єктів педагогічного процесу в галузі природничо-математичних дисциплін, спрямована на формування або вдосконалення в тих, хто навчається, відповідних компетентностей.

Поняття «STEM технології» ми розуміємо як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними й науково-дослідними знаннями і вміннями, а також формування в них цінностей «STEM-освіти».

Поняття «STEM-дисципліни» нами визначено як інтегровану сукупність навчальних дисциплін, що сприяють вивченню природничо-математичних наук та формують і розвивають у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (математики, інформатики, фізики (астрономії), хімії, біології, трудового навчання (креслення)) знання і вміння (компетентності) в галузі технології та інженерії.

2. Серед сучасних викликів системі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін найважливішими є реформи, що відбуваються в системі освіти, зміна особистісних характеристик здобувачів освіти та гендерне питання у STEM-освіті.

Зокрема, визначено, що реформування системи загальної середньої освіти спрямоване на використання компетентностей для оцінювання

результатів навчання здобувачів освіти. Важливою також є поява експериментальних програм з природничих дисциплін та поява інтегрованого курсу «Природничі науки». При цьому для кожного рівня навчання існує своя мета STEM-освіти.

На основі теорії поколінь визначено, що сучасні здобувачі освіти є представниками покоління Z. Відповідно, для забезпечення ефективності освітнього процесу та професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно врахувати особистісні характеристики та цінності сучасного покоління здобувачів освіти, серед яких: зацікавленість у технологіях, можливість вибору, відкритість, незалежність, громадянський обов'язок і мораль, нехайна винагорода та ін.

Не менш важливою проблемою впровадження STEM-освіти є гендерна нерівність, що викликає певну суперечність під час вибору професії майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін: з одного боку, існує упереджена думка, що техніка та технології – це галузі для хлопців, з іншого боку, спеціальність учителя обирають переважно дівчата. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок залучення дівчат до різноманітних заходів у сфері STEM-освіти та їх мотивації до зайнятості в цій галузі. Така ідея вже здобула підтримку на рівні міжнародних фондів та організацій, які надають гранти та пропонують спеціальні програм, спрямовані на зацікавлення дівчат STEM-освітою.

3. Визначення практичного стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій проводилось нами шляхом: вивчення рівня впливу мотивації на вибір спеціальності, аналізу сучасних освітніх програм підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, аналізу практичного

досвіду впровадження STEM-освіти в Україні та вивчення стану готовності вчителів-практиків до впровадження STEM-освіти.

Проведене оцінювання рівня сформованості мотиваційного комплексу вибору профілю навчання здобувачів освіти (123 опитаних) засвідчило високий показник ВЗМ+ВСЗМ (48%) та ЗПМ (36%) і низький показник ЗНМ (16%), що прямо корелює задоволеність здобувачів освіти обраною професією. При цьому здобувачів освіти з досить високим мотиваційним комплексом цікавить обрана професія, але є й бажання отримання зовнішніх винагород.

Проведений аналіз програм професійної підготовки учителів природничих наук в окремих закладах вищої освіти засвідчив наявність в кожній освітній програмі окремих STEM-дисциплін, що інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки. Аналогічні дисципліни є і в освітніх програмах підготовки майбутніх учителів фізики, математики, інформатики, біології. Проте системної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій не здійснюється.

Аналіз сучасного стану практичного впровадження STEM-освіти в Україні засвідчив наявність цілого ряду ініціативних груп влади, науковців і учителів-практиків, що розробляють окремі напрями STEM-освіти та популяризують її серед учнівської молоді. Значну увагу приділено використанню робототехніки як складової STEM-освіти, проте підготовка вчителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій є ситуативною та епізодичною.

Проведене опитування вчителів природничо-математичних дисциплін виявило їх низький рівень обізнаності щодо STEM-освіти, а також недостатнє розуміння основних принципів її реалізації та використання STEM технологій. Частина вчителів готові самостійно

організовувати діяльність учнів в STEM-освіті, але частіше вони хочуть бути пасивними учасниками заходів, які присвячені питанням STEM-освіти, а не їх організаторами.

Основні результати розділу опубліковано у працях [32; 35; 402; 403; 438; 482; 483].

РОЗДІЛ 2

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД УПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ

У розділі проаналізовано зарубіжний досвід впровадження STEM-освіти. Встановлено стан реалізації STEM-освіти в Європейському Союзі. Надано характеристику впровадження STEM-освіти в США, Канаді та Австралії. Визначено особливості STEM-освіти в країнах Сходу та Південно-Східної Азії (Китай, Південна Корея, Сінгапур, Тайвань, Японія).

2.1. Стан реалізації STEM-освіти в Європейському Союзі

Проведення реформи освіти в Україні та розвиток STEM освіти потребує вивчення іноземного досвіду та практик, зокрема й у європейських країнах.

Формування вчителя як фахівця цілком залежить від тих умов, дій, ініціатив та принципів, які лежать в основі освітньої політики держави. Побудова системного моніторингу та підтримки, а також умов функціонування освітньої системи є важливим завданням. Також важливими питаннями є умови залучення, підготовка, розвиток та збереження ефективності роботи вчителів. Тому існує необхідність вивчення зарубіжного досвіду реформування і проведення освітньої політики для встановлення умов, що необхідні для формування вчителів, які здатні забезпечити конкурентоспроможність випускників на ринку праці.

Починаючи з середини двохтисячних років, у європейських країнах збільшилась кількість досліджень з метою визначення практик, які сприяють збільшенню чисельності STEM-фахівців високої кваліфікації [359]. «Усе частіше підприємцям потрібна не кваліфікація, що, на їх погляд, занадто часто асоціюється з умінням здійснювати ті чи інші

операції матеріального характеру, а компетентність, що розглядається як своєрідний коктейль навичок, властивих кожному індивідові, у якому поєднуються кваліфікація в точному значенні цього слова <...> соціальна поведінка, здатність працювати в групі, ініціативність і любов до ризику» [85; 186].

Для досягнення поставленої мети потрібні орієнтири, які зможуть керувати і направляти навчальну діяльність у закладах освіти та сприяти орієнтації особистості в інформаційному суспільстві.

Вирішення цих питань частково покладено на *цифрові компетентності*, які в 2006 р. було виділено як одну з ключових сфер для неперервного навчання [461].

У 2013 р. європейською спільнотою вперше було сформульовано рамку цифрових компетентностей, яка стала орієнтиром для розвитку стратегічного планування ініціатив із цифрової компетентності громадян. Проте розвиток технологій відбувається достатньо швидко, тому в 2016 р. була опублікована нова рамка цифрових компетентностей DigComp 2.0 [360] та її оновлення в 2017 р. DigComp 2.1 [352].

Рамка цифрових компетентностей дає спільний орієнтир основних сфер цифрової компетентності на європейському рівні. Вона створює можливість визначити відповідність знань, умінь і навичок людини до умов навчання і роботи. Прикладом її використання є пошук роботи за допомогою резюме CV Europass, яке з літа 2015 р. включає в себе онлайн-інструмент для шукачів роботи за самооцінкою своєї цифрової компетентності, а також описує та включає його у свої навчальні програми Vitale (CV). Інструмент використовує п'ять областей системи DigComp з простою у використанні формою самооцінки.

Рамка DigComp стала основою для створення «похідних» документів інформаційних компетентності в окремих галузях. Наприклад, *система цифрової компетентності вчителя* (DigCompEdu, 2017 р.) [445],

Європейська система цифрової компетентності освітніх організацій (DigCompOrg6).

Рамка цифрової компетентності вчителя DigCompEdu, встановлює шість основних областей, де виражається компетентність учителя, і двадцять дві складових цих областей. Серед них: професійна співпраця, цифрове підвищення кваліфікації, навчання у співпраці, зворотний зв'язок та планування, диференціація та персоналізація, активне залучення учнів, інформаційна грамотність, комунікація, створення контенту, відповідальне користування, розв'язання проблем. Представлені компетентності є необхідним інструментарієм сучасного вчителя [445].

Відзначимо, що Міністерство освіти, культури та спорту Іспанії вже адаптувало DigComp для іспанських учителів і використовує її як документ стратегічної підтримки для подальшого розвитку професійного розвитку вчителів.

В європейському освітньому просторі відбувається включення цифрової компетентності в навчальні плани та програми практично всіх дисциплін. Дуже зручною технологією тут виявилась STEM-освіта. Вона стала тією ланкою, що поєднує потреби європейської спільноти у кваліфікованих кадрах і поширення ключових понять цифрової освіти.

Проте групи дисциплін, які визначають напрям навчання у STEM-освіті, у європейських країнах відрізняються. Так, у Норвегії, Швеції, Естонії та деяких інших країнах визначено групу предметів MST (mathematics, sciences and technology), у Німеччині – MINT (mathematics, information technology, natural sciences and technology), у Великобританії – STEM (science, technology, engineering, and mathematics), в Австрії – IMST (Innovations in Mathematics, Science and Technology). Таке різноманіття відображає прагнення європейської країни до інтеграції тих навчальних предметів і програм, які б найкращим чином підготували майбутніх фахівців до розв'язання соціально значущих завдань.

У ряді країн програми залучення учнівської молоді до наукової діяльності впроваджуються, починаючи з молодшої школи. Численні дослідження засвідчили, що діти молодшого та середнього шкільного віку краще сприймають заохочення до вивчення наук і більш позитивно ставляться до дослідної діяльності.

У деяких країнах європейського простору для молодших школярів у навчальних планах не існує поділу навчальних предметів, замість традиційної математики чи біології у них є предмет «Наука», на якому діти вивчають поняття, що інтегровані в різні навчальні предмети. Згодом, у старших класах, цей предмет розділяється на окремі. Слід зауважити, що в деяких приватних школах України теж у початковій школі немає такого поділу, а вивчається один предмет – наука.

Підтримку та розвиток STEM-напряму частина країн європейського союзу визначає як національну стратегію (Німеччина, Іспанія, Франція, Ірландія, Нідерланди, Австрія, Великобританія та Норвегія). Інші країни створюють спеціалізовані національні/регіональні/місцеві центри для підвищення якості навчання STEM або створюють платформи для обміну знаннями та практиками [395].

Багато європейських країн підтримують окремі програми впровадження STEM-освіти та інноваційної діяльності, але національні стратегії сприяння науковій освіті є не у всіх країнах.

Так, у документі, що опублікований ЕАСЕА Р9 Eurydice, розглянуто організацію наукової діяльності, яка існує в Європі, і надано огляд існуючих політик та стратегій, що спрямовані на вдосконалення та сприяння мотивації вивчення науки [445]. У ньому зроблено аналіз багатьох досліджень, що були проведені в 31 країні (у тому числі й у Євросоюзі), а також змісту програм підготовки вчителів. Більшість рішень системного впровадження стратегії розвитку наукового потенціалу й інновацій виражені в таких цілях:

- формування національних стратегій сприяння науці та науковій освіті;

- підтримка на державному рівні програм, проєктів та ініціатив, що спрямовані на розвиток партнерських зв'язків між закладами освіти та зацікавленими сторонами у галузі науки та технологій;

- підтримка та заохочення молоді на рівні середньої та вищої освіти, яка хоче просуватись у науковій кар'єрі;

- досягнення кращого гендерного балансу в галузі STEM;

- популяризація науки;

- професійний розвиток педагогів [445].

Удосконалення навчальних планів і методів навчання, як правило, вирішуються на рівні початкової та середньої освіти. При цьому основне завдання цих планів – залучення і підтримка молоді у їх прагненні реалізовуватись у STEM-галузі.

Для досягнення поставлених цілей уряди країн зазвичай проводять такі заходи:

- оновлення змісту навчальних програм;

- створення партнерських відносин між школами та науковими, дослідними центрами;

- створення наукових центрів та інших організацій;

- надання конкретних заходів щодо заохочення більшості молодих людей, особливо дівчат, для вибору наукової кар'єри;

- ініціалізація проєктів, що спрямовані на продовження професійного розвитку.

Проте зазначені заходи не в повному обсязі включені в освітню політику країн, а їх кількість і ступінь впровадження відрізняються (табл. 2.1).

**Основні напрями реформ в освіті
деяких країн Європейського Союзу**

Напрями реформ	Іспанія	Німеччина	Нідерланди	Великобританія	Норвегія	Франція	Австрія	Естонія	Італія	Швеція
Національний пріоритет	+	+	+	+	+	+	+			
Заміна начальних програм і методів навчання		+		+	+	+	+	+	+	
Підтримка на державному рівні програм, проєктів та ініціатив	+		+	+					+	+
Підтримка та заохочення молоді, що хоче просуватись у науковій кар'єрі	+	+								
Залучення молоді до наукової діяльності		+	+	+	+			+		+
Досягнення кращого гендерного балансу в галузі STEM					+	+	+			
Популяризація науки та STEM-освіти	+	+			+			+		
Професійний розвиток вчителів		+		+		+	+		+	

Так, в *Іспанії* сприяння науці є національним пріоритетом, і програма підтримки включає три основні елементи: просування наукової культури та інновацій, сприяння проєктам поширення науки, запуск нових мереж, що підтримують науку й інновації.

У *Німеччині* заохочення до розробки нових продуктів та інноваційних послуг відбувається насамперед через інформатизацію у сфері освіти. Мета стратегії – залучення більшої кількості молоді до курсів з MINT. Програма розвитку включає такі елементи: поліпшення уявлення про науку в суспільстві, підтримка наукової освіти, яка вже відбувається в ранньому дитячому віці, зміна навчальних програм та методів навчання на початковому та середньому рівнях, а також створення можливостей для професійного розвитку вчителів.

У *Нідерландах* першочерговою метою було зростання на 15 відсотків молоді в науковій і технічній галузях освіти. Наступною метою стало впровадження освітніх інновацій, які надихають і ставлять соціально важливі завдання перед молоддю.

У *Великобританії* впровадження STEM-програм розпочалося ще в 2004 р. Ця програма має 11 напрямів роботи, серед яких: збільшення кількості вчителів, їх постійний професійний розвиток, активізація та урізноманітнення діяльності впродовж навчання, розробка навчальних програм та розвиток інфраструктури

В *Ірландії* реалізується на національному рівні і розроблено план впровадження STEM освіти, а також політики STEM-навчання на 2017–2026 рр. [454]. Реалізація відбувається протягом трьох етапів. Кожен з етапів містить повний перелік заходів із зазначенням терміну виконання, що спрямовані на досягнення результату.

Для підтримки молодих учителів на початку їх професійної діяльності розроблено програму, яка фокусується на розвитку ряду ключових вмінь, що мають важливе значення для життя та праці у сучасному світі:

- використовувати свої знання для творчого вирішення проблем;
- уявляти, розпитувати та досліджувати;
- співпрацювати в команді;
- залучення до дослідження та аналізу;
- інновації, проєктування та виготовлення;
- тестування та модифікація вирішення складних проблем.

Ще одним кроком стали нещодавно переглянуті навчальні програми з математики та природничих наук, що дають своєчасну можливість запровадити нові методи навчання, вивчення та оцінювання для підвищення рівня STEM-освіти.

Освітні реформи в *Литві* розпочалися в 2010 р., коли була представлена програма вдосконалення школи (SIP Plus). Їхні програми було спрямовано на інтеграцію ІКТ у викладання та навчання.

В *Естонії* реформи провели децентралізацію шкільної системи, надаючи школам більшої автономії, зі свободою приймати рішення щодо навчальної програми, бюджетів та найму вчителів. Однак, як відзначають дослідники, в країні існує дефіцит молодих учителів, а в набутті професії вчителя мало зацікавленої молоді [443].

У *Румунії* в рамках національного проєкту міждисциплінарна робота є центральною ідеєю змін в освіті, щоб підвищити інтерес та мотивацію студентів до вивчення предметів STEM.

Крім того, в Європі проводиться багато наукових досліджень щодо ситуації на ринку праці та порівняння методик і практик впровадження STEM-освіти. Велика кількість досліджень присвячена розробкам стратегій навчання, шляхам формування цифрових компетентностей, розробку заходів, що спрямовані на збільшення інтересу студентів до проведення наукових, технологічних, інженерно-математичних досліджень та кар'єри.

У рапорті європейського парламенту описано та проаналізовано різні фактори, що впливають на поширення STEM-освіти [367]. Серед них соціальні, економічні та культурні, що впливають на вибір молоддю майбутньої професії. Також враховуються фактори, що пов'язані з різними системами освіти і стереотипами про гендерні відмінності. У рапорті наведено ініціативи щодо заохочення STEM-досліджень і кар'єри:

а) навчальні програми й методи навчання – розробка ефективних і привабливих навчальних програм та методів навчання – створення перехідних схем змін від освіти до ринку праці та сприяння партнерському підходу з акцентом на предмети STEM;

б) підвищення кваліфікації вчителів – покращення освіти та професійного розвитку вчителів: перепідготовка й підвищення кваліфікації

працівників. Для цього етапу запропоновано такі кроки: підтримка онлайн-ініціатив, програми підвищення кваліфікації вчителів, оновлення їхніх ІКТ-навичок. Підготовка вчителів у всіх сферах має включати передові цифрові компетенції та їх набуття, а не зосередження лише на їх вмінні використовувати ІКТ;

в) стимулювання молоді до STEM-кар'єри.

Також у дослідженні вказано, що відсутність єдиної основи для оцінювання впровадження STEM технологій ускладнює аналіз наслідків застосування STEM-політики та ініціатив [367].

Освіта вчителів визнається важливим чинником забезпечення високих стандартів та позитивних результатів навчання.

Тому в 2010 р. була зроблена спроба порівняння навчальних програм освіти вчителів у європейському проєкті SITEP [410]. Метою цього дослідження було отримання інформації про зміст навчальних програм для майбутніх учителів, а також встановлення компетентностей та навичок, які є важливими для формування професіоналів.

Результати дослідження засвідчили, що велика автономність, яку мають заклади вищої освіти, з одного боку, допомагає підтримці різних наукових шкіл, роботі над більшою кількістю різних наукових проблем. Але таке різноманіття ускладнює дослідження і порівняння за різними критеріями. Оскільки репрезентативна вибірка не була представлена (порівнювались 205 планів з 11 різних країн), то матеріали дослідження слід сприймати тільки як опис окремих практик, який може дати деяке уявлення про те, як майбутні вчителі сьогодні навчаються у ряді європейських країн. Проте було представлено деякі пропозиції щодо вдосконалення практики педагогічної освіти на різних етапах навчання з різних параметрів:

– знання предметної сфери є головним критерієм оцінювання навчальної діяльності майбутнього вчителя і вчителя з досвідом викладання;

– самооцінка і самостійний професійний розвиток достатні для вчителя з досвідом, однак для майбутнього вчителя більш доцільною буде керована самооцінка;

– власний досвід навчання часто трансформується у передачу його в професійну діяльність. Тому використання під час навчання різних практик і підходів дасть позитивний ефект як у навчанні, так і в професійній діяльності вчителів;

– співпраця з колегами (майбутніми колегами) дасть стимул для професійного зростання;

– залучення вчителів з досвідом викладання до розробки та впровадження системи оцінювання дасть можливість сформувати професійні стандарти, що вплинуть на якість підготовки майбутніх учителів.

Таким чином, проведений огляд сучасного стану впровадження STEM-освіти в європейських країнах засвідчив, що:

а) концепт STEM у різних європейських країнах набуває власного наповнення (у Норвегії, Швеції, Естонії та деяких інших країнах визначено групу предметів MST (mathematics, sciences and technology), у Німеччині – MINT (mathematics, information technology, natural sciences and technology), у Великобританії – STEM (science, technology, engineering, and mathematics), в Австрії – IMST (Innovations in Mathematics, Science and Technology);

б) у ряді країн існує підтримка STEM-освіти на рівні держави, що сприяє більш швидкому розповсюдженню освітніх практик, але в різних державах вони відрізняються за цілями і стратегіями;

в) існує багато досліджень як окремих країн, так і європейської комісії, які систематизують і доповнюють дослідження окремих науковців у STEM-галузі. Але автономія закладів вищої освіти не дає змоги виокремити багато спільних критеріїв для порівняння програм навчання за STEM-спеціальностями;

г) найважливішими компетентностями для STEM-галузі, якими має володіти вчитель, це знання з дисципліни та вміння її викладати згідно з програмою, співпраця і спілкування в професійному колі. Вміння, що отримані майбутнім учителем за період його навчання, та співпраця з досвідченими викладачами (вчителями) теж дає позитивний результат на обмін практиками (досвідом).

Цікавими для нашого дослідження є ідея популяризації STEM-галузі серед учнівської молоді та співпраця між майбутніми і досвідченими вчителями-практиками.

2.2. Досвід упровадження STEM-освіти в США, Канаді та Австралії

Сполучені Штати Америки. На особливому статусі STEM-освіти в США було вперше наголошено у Національному науковому фонді (National Science Foundation) – державній організації, яка підтримує наукові дослідження та освіту в науково-технічних галузях США. Відтак засновниками цієї освітньої технології прийнято вважати саме американців [34].

Згодом інші держави підтримали ідею провідної ролі фундаментальних досліджень в економічному зростанні країни і підвищення конкурентоспроможності науки та технологій.

У своєму розвитку США вже пройшла певні етапи впровадження STEM-освіти.

Так, ідея STEM-освіти стала одним зі стратегічних напрямів розвитку у США на початку XXI ст., як результат багатьох досліджень про зростаючі потреби кваліфікованих спеціалістів у галузі технологій у прогнозах на майбутні 10–15 років.

Як стандарт для STEM-освіти у школах Сполучених Штатів у 2013 р. Національним комітетом з досліджень (National Research Council)

Національної академії наук інженерії та техніки був розроблений стандарт *Next Generation Science Standards* (NGSS) [389].

Але для ефективної підготовки за цими стандартами потрібно підготувати вчителів, чим і зайнялася неурядова організація Національна рада з професійних стандартів викладання (National Board for Professional Teaching Standards), яка опікується сертифікацією вчителів і встановлює стандарти освітньої діяльності. В основі її діяльності – аналіз та побудова навчальних програм, координація інструкцій, сприяння професійному розвитку вчителів та участь у різних політичних рішеннях, що мають фундаментальне значення для розвитку високопродуктивних навчальних спільнот.

У 2015 р. цією організацією була проведена масштабна робота зі встановлення нових вимог до фахової підготовки вчителів. Було організовано громадське обговорення, у якому взяли участь учителі й управлінці у сфері освіти, на якому виділено п'ять основних вимог до вчителя [485]:

1. Допомога учням у навчанні. Вчитель відстежує і скеровує навчання кожного учня, коригуючи навчальну програму залежно від прогресу останнього. Вчитель має розуміти, як розвивається і навчається учень, вибудовуючи його індивідуальну траєкторію навчання.

2. Знання предмета та знання, як його викладати учням. Вчителі оцінюють те, як поняття та процеси у своєму предметі утворюються, організовуються та пов'язані з іншими дисциплінами. Вчитель реалізує міжпредметні зв'язки, застосовуючи міжпредметну інтеграцію.

3. Здійснення моніторингу та контроль навчання учнів. Вчителі старанно керують системами, програмами та ресурсами, які підтримують всі навчальні заходи. Вони регулярно оцінюють досягнення учнів та їх прогрес у навчанні. Оцінюється не лише робота окремих учнів, але й робота та прогрес усього класу.

4. Безперервність навчання. Вчителі використовують відгуки та спостереження за своєю роботою, щоб покращити її та позитивно вплинути на навчання учнів. Вони пропонують колегам спостерігати та давати відгуки, а також просять студентів оцінити свою роботу як учителя для професійного зростання та розвитку.

5. Обмін досвідом та участь у професійній спільноті. Вчитель співпрацює з колегами, набуваючи позитивного досвіду викладання та обмінюючись знаннями й практиками. Також необхідна співпраця з керуючими інституціями для координації впроваджень, вдосконалень, розповсюдження та інтеграції нового досвіду.

Ці вимоги стали основою для всіх стандартів і оцінок сертифікації вчителя, у тому числі й для галузі STEM-освіти.

У 2018 р. Міжнародною спільнотою технологій в освіті (International Society for Technology in Education – ISTE) затверджуються нові стандарти для вчителів ISTE, щоб покращити ефект від навчання для всіх учнів і студентів, які використовують технології [453]. Затвердження цих стандартів відбулося на форумі EdTech, а підтримка та оновлення залежить цілком від вимог часу та бачення освіти Міжнародною спільнотою розвитку технологій в освіті. Цей стандарт визначає сім ролей, у яких виступає сучасний вчитель: спеціаліст, лідер, громадянин, організатор співпраці, дизайнер, фасилітатор та аналітик. Ці стандарти ISTE для педагогів включають багато попередніх стандартів, а також зосереджують увагу на співпраці, цифровій грамотності, медіаграмотності, обчислювальному мисленні та конфіденційності даних студентів, розширенні можливостей студентів, прийнятті рішень на основі даних, зворотному зв'язку та навчання в професійних спільнотах.

Відзначаючи, що учні краще навчаються, якщо вчитель добре обізнаний у сфері STEM-освіти, у США започатковано ініціативу National Math and Science Initiative інноваційної підготовки викладачів в рамках програми UTeach. Вона намагається зробити це шляхом розширення

місцевих академічних програм на національному рівні. Ця програма дає можливість додаткової сертифікації зі STEM-предметів для вчителів математики без додаткової вартості і витрат часу. Вона підтримується в багатьох штатах і показує підвищення якості навчання вчителів.

У 2015 р. Міністерство освіти США, у співпраці з Американськими інститутами досліджень (American Institutes for Research), провело серію конференцій із фахівцями в галузі STEM. За результатами цих зустрічей було сформовано концепцію бачення STEM-освіти, або «STEM 2026» [330]. Серед усіх бачень, які мають відбутися в освіті до 2026 р., увагу привертають такі:

- зміщення акцентів у популяризації STEM-дисциплін зі «схильності до наук, можливості» до «актуальні, привабливі, доступні для всіх» незалежно від раси чи етнічності, інклюзивності, мови, гендеру або географічного розташування;

- створення освітнього STEM-простору, де кожен несе відповідальність за свій досвід і професійне зростання;

- створення в аудиторії атмосфери лабораторії (інкубатора), де студенти разом з викладачами співпрацюють і одночасно відкривають науку;

- створення саморегульованого гнучкого інклюзивного навчального середовища з інтелектуальними системами навчання для забезпечення індивідуального підходу в навчанні;

- забезпечення конфіденційності даних, що пов'язані з підтримкою цифрових технологій навчання;

- органічне поєднання школи з виробничими та науковими установами, щоб учні мали можливість бачити, як фахівці використовують свою освіту в робочих умовах.

У 2016 р. в Міністерстві освіти США відділом освітніх технологій (Office of Educational Technology) було укладено національний план розвитку освіти (National Education Technology Plan), який звертає увагу на

п'ять основних компонентів навчання, що засновані на технології STEM: вивчення, оцінювання, викладання, інфраструктура та продуктивність. Цей план включає конкретні рекомендації щодо успішної інтеграції технологій у навчальний процес, звертає увагу на важливість дій, що спрямовані на усунення розриву між тими, хто має технології та не має. У рамках цього плану деякі школи впровадили STEM-освіту (або модель STEAM тощо) або реалізували комбінацію однієї чи кількох з таких освітніх моделей: багатoproфільність, ранній коледж, дуальне мовне занурення або розширений час навчання тощо [436].

Успішне впровадження нової освітньої політики залежить від багатьох чинників. Система освіти, яка функціонує в Сполучених Штатах, представлена і доступна широкому загалу на декількох рівнях:

- на державному рівні (управління та адміністрування) – технічне забезпечення, впровадження стандартів та критеріїв професійної діяльності;

- на фаховому рівні (освітні установи, спільноти) – визначення знань і вмінь, які повинен мати вчитель, сприяння формуванню вимог і встановленню стандартів підготовки фахівця;

- на особистому рівні – спілкування та обмін досвідом у професійних спільнотах.

Це дає змогу досить просто поширювати найкращі освітні практики, зокрема й такі, як STEM-освіта, серед численного професійного товариства.

Крім того, у США є різні програми та змагання в галузі STEM-освіти [369; 418; 417; 361]:

- «Програма експериментів студентів-космічних польотів» – це програма, яка намагається дозволити дітям займатися наукою в реальному контексті і використовувати натхнення від роботи в космічній програмі та на Міжнародній космічній станції;

– «TOMATOSPHERE» – він підтримує і приносить користь космічній програмі, досліджуючи, який тип насіння буде найбільш придатним для тривалого космічного польоту, водночас надихаючи студентів на заняття STEM і даючи можливість допомоги реальним дослідженням у космічному польоті;

– «Перше змагання з робототехніки» (The FIRST Robotics Competition) – це захопливе змагання, яке об'єднує професіоналів та молодих людей в атмосфері інтенсивності та конкуренції над вирішенням проблем інженерного дизайну;

– «NASA Swarmathon University Challenge» – студенти-«сварматони» отримують досвід інтеграції коду, тестування апаратних засобів, інженерії програмного забезпечення, управління проектами та командної співпрацею, що важливо для їхнього майбутнього успіху в робототехніці та інформатиці;

– «Стипендія з аеронавтики MUREP, вища стипендійна підготовка та науково-дослідна робота STEM» (AS & ASTAR) – надає стипендії особам, які планують продовжити навчання в аспірантурі, магістратурі та докторантурі з відповідних дисциплін, пов'язаних з NASA та акредитованих в США;

– «MUREP Аерокосмічна академія» – МАА збільшує участь недостатньо представлених категорій школярів у напрямках STEM, у першу чергу представників корінних народностей; мета цієї програми у підвищенні грамотності STEM шляхом залучення студентів та викладачів до інтеграції нових технологій, навчання студентів, використання курсів STEM, що відповідає національним стандартам STEM та відповідають стандартам місії NASA.

Таким чином, впровадження STEM-освіти в США відбувається на засадах стандартизації дій усіх учасників освітнього процесу. Проте ці стандарти були сформовані професійною спільнотою «Вчителі для вчителів». Винятково важливими факторами, що забезпечують

ефективність цього процесу, є широка підтримка з боку держави та популяризація STEM-освіти серед молоді.

Канада. Система освіти в Канаді кардинально відрізняється від США та європейських країн. Передусім, це повна незалежність провінцій від державного регулювання, оскільки кожна з них має своє Міністерство освіти, які потім об'єднуються в консультативний орган – Раду міністрів освіти Канади (Council of Ministers of Education, Canada). Післяшкільна освіта переважно складається із системи коледжів і системи університетів. Після закінчення школи можна два роки вчитися у Коледжах громадської та професійної освіти (College d'enseignement général et professionnel). Членство в університетах Канади є представницьким органом системи освіти, але це часто виступає неофіційною формою національної акредитації. Університети, однак, зберігають монополію на вищу освіту та фундаментальні дослідження, хоча коледжі почали займати власну нішу у прикладних дослідженнях [477].

Питання сертифікації вчителів до викладання регулюється кожною провінцією окремо. Але, відповідно до Канадської угоди про вільну торгівлю (Canadian Free Trade Agreement), вчителі, які мають дійсний сертифікат викладання в якійсь канадській юрисдикції, мають право на сертифікацію й у іншій провінції, без додаткового навчання або іспиту. Для того, щоб мати право викладати в школі, існують тимчасові сертифікати (Interim KSA) і постійні (Permanent Professional Certificate) [350]. Виняток становлять приватні школи, які можуть найняти до викладання спеціалістів без ступеня чи ліцензії на навчання [468].

Сертифікацію вчителя здійснюють за такими категоріями [469]:

- організація (управління класом);
- предметні знання (планування уроку);
- відгуки й оцінювання (взаємодія з учнями);
- співробітництво (взаємодія у професійному середовищі).

У міжнародних дослідженнях Канада виступає як взірець стосовно етнічної та гендерної політики освітніх реформ [459]. Незважаючи на це, державні дослідження часто пов'язані зі STEM-освітою. Так, організація Канадської мобілізації науки і технологій на користь Канади (Canadian Mobilizing Science and Technology to Canada's Advantage, 2007) створила стратегію науково-технічних досліджень, що включає: розвиток національних переваг (підприємництво, знання та люди); нарощування приватного сектора інвестицій у науку і техніку; підтримку громадського доступу до науки і техніки; фінансування студентів та науковців у галузі науки і техніки.

Проте в Канаді поширюється нова класифікація освітніх спеціальностей, яка інтегрує концепції STEM і BHASE. STEM-освіта включає в себе науку, технологію, інженерію та математику, а BHASE-освіта (також називають не-STEM) включає бізнес, охорону здоров'я, мистецтво, соціальні науки й освіту. Якщо STEM визначає конкурентоспроможність в економічному просторі, то BHASE визначають навички в правовій системі, системі охорони здоров'я, школах та підприємствах. Ця класифікація дає змогу порівнювати й аналізувати статистичні дані і вимірювання відносно предметів STEM і тих, що перебувають в інших галузях [388].

Канада, як і решта передових країн світу, пропонує і підтримує реформи в навчальних програмах, орієнтуючись на важливість наукового змісту в навчанні та інструментального підходу до вирішення проблем, креативності і навичок критичного мислення. Відповідно до інституції країни, у центр уваги педагогічної системи ставиться особистість учня.

R. Duschl, H. Schweingruber, A. Shouse [363], L. Haynes [380], Su Swarat, A. Ortony, W. Revelle [464] встановили, що для популяризації STEM-освіти потрібно проводити пропедевтичну роботу в різних вікових групах. Особливе значення при цьому має рання мотивація до вивчення наук і здійснення наукових досліджень у молодших класах.

У 2017 р. в Канаді було ініційовано національну дискусію про майбутнє освіти в галузі науки, техніки, інженерії та математики. За результатами цієї дискусії було започатковано ініціативу «Канада 2067», що спрямована на формування майбутнього навчання в галузі STEM для дошкільної і шкільної освіти [349].

Прикладом STEM-програми можна навести SHAD – це щорічна канадська літня програма для учнів середньої школи. Програма зосереджена на академічному навчанні, особливо в галузях STEAM. Розробка інженерних прототипів, застосування наукових принципів у поєднанні з розумінням бізнесу, коли йдеться про розробку ідеї від її створення до її реалізації, є ключовою частиною програми [448]. Також існує скаутська програма, яка з 2015 р. реалізує напрям STEM-освіти [376].

Національні організації з науки та освіти, такі як Рада з природничих наук та інженерних досліджень Канади (Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada), заохочують розробку та впровадження ініціатив, які підтримують педагогів та сприяють підвищенню кваліфікації й інтересу здобувачів до STEM-освіти.

Ключову роль у впровадженні STEM-освіти у школі відіграють університети. Разом з тим підтримка федерального уряду досліджень в цій галузі забезпечується шляхом проведення конкурсів, якими керують три спеціалізовані ради: Канадський інститут медичних досліджень (Canadian Institutes of Health Research – CIHR), Рада з природничих та технічних досліджень (Natural Sciences and Engineering Research Council) та Рада з досліджень соціальних і гуманітарних наук (Social Sciences and Humanities Research Council).

Проте автономія дає змогу закладам освіти усіх рівнів адаптувати навчання відповідно до вимог часу і забезпечує конкурентоспроможність вищої освіти, зменшує бюрократичну складову адміністрування. Кожна з провінцій проводить окремо фінансування та впровадження освітніх реформ, а також приймає всі рішення стосовно шкіл, учителів та

навчальних програм, що стосуються STEM-освіти в межах конкретної провінції.

З огляду на високу автономію і незалежність освітньої політики кожної з провінцій Канади порівнювати їх досить складно. Це визнають і самі канадські дослідники [467, с. 20]. Провінції надають детальні звіти про свою діяльність в STEM-освіті, проте їх уряди не дуже піклуються про інші дані освіти та не роблять частиною своєї системи підзвітності теми, наприклад, про викладацький склад або навчальні програми [350; 478].

Водночас забезпечення ефективного впровадження STEM-освіти в Канаді потребує [358]: проведення широкомасштабних порівняльних досліджень в STEM-галузі, розробки спільного бачення STEM-освіти, що має деталізувати основний зміст та компетентності здобувачів освіти, забезпечення підготовки майбутніх учителів до провадження STEM-освіти, пошуку кращих способів підтримки та наставництва молодих учителів, а також розробки моделей більш тісної співпраці між закладами вищої освіти та шкільними установами.

Таким чином, для Канади характерна нова класифікація освітніх спеціальностей, яка інтегрує концепції STEM і BHASE, що включає бізнес, охорону здоров'я, мистецтво, соціальні науки та освіту. В галузі STEM-освіти у кожній із провінцій Канади наявні різноманітні програми та діють різноманітні проекти, які забезпечують впровадження STEM-освіти. Цікавим є канадський досвід федеральної підтримки досліджень у галузі STEM-освіти шляхом проведення конкурсів серед академічних установ.

Австралія. У 2013 р. уряд Австралії прийняв STEM як новий стратегічний підхід розвитку освіти. У цьому документі було визначено напрями, за якими необхідно буде зосередити зусилля для забезпечення соціальної стабільності та збереження світового лідерства в галузі STEM: освіта – формальна і неформальна, знання – забезпечення неперервного потоку нових ідей та їх поширення, інновації – використання знань для

виготовлення якісних товарів та послуг, вплив – використання співпраці, мереж та альянсів, щоб країна залишалася серед перших у світі [446].

У 2015 р. була прийнята національна стратегія розвитку STEM-освіти в школі (National STEM School Education Strategy) на 2016–2026 рр. [419], метою якої стало забезпечити всіх учнів школи міцними знаннями в галузі STEM та пов'язаних з ними навичок, а також мотивувати учнів до прагнення використовувати STEM у сфері професійної підготовки. Ця стратегія має п'ять ключових напрямів національних дій, у яких шкільна освіта має найбільшу вагу:

- збільшення кількості учнів, що зацікавлені у STEM;
- підвищення можливостей вчителя та якості викладання STEM;
- підтримка можливостей STEM освіти у шкільних системах;
- сприяння ефективному партнерству із закладами вищої освіти, бізнесом та промисловістю;
- створення міцної доказової бази.

Для кожного з пунктів цієї стратегії визначено спільні національні дії (дослідження рівнів досягнень, завантаженості тощо) та юридичні дії (визнання, надання статусу онлайн-платформам, STEM-осередкам, співпраця територіальних центрів тощо).

Також до стратегій віднесено рекомендації для розвитку STEM в освітньому середовищі:

- внесення до шкільної культури визнання та оцінювання STEM-освіти, а також її доступність;
- сприяння поширенню інформації про STEM-професії та їх можливості;
- спонукання до творчої та дослідної діяльності через пробудження інтересу до досліджень і знань;
- заохочення вчителів до пріоритетності STEM-змісту;
- використання навколишнього оточення та шкільних даних при складанні та розв'язуванні практичних завдань, що пов'язані зі STEM;

– створення умов та організація співпраці школи та учнів так, щоб можна було відстежувати їхні успіхи у STEM.

Основні принципи впровадження STEM-освіти є такими: STEM-освіта має бути нарівні з грамотністю та культурою в навчальних програмах австралійських шкіл; практикуючі STEM-осередки Австралії мають підтримувати високі етичні стандарти – у рамках активної соціальної компактності – і отримувати підтримку громади у своїй роботі.

Реалізація STEM-освіти в окремих школах Австралії розпочалася в рамках проєктів. Першими кроками стало впровадження інтегрованого навчання математиці, науці, технологіям. Наступним кроком – міждисциплінарний підхід до викладання предметів. Школи, що взяли участь у цих проєктах, розміщували результати та опис свого досвіду в мережі [456]. Зараз проводиться третій крок - це розробка галузевої програми, що спрямована на формування й розвиток знань та вмінь, які пов'язані з практичною діяльністю в галузі STEM.

Водночас для забезпечення виконання стратегії потрібна відповідна підготовка вчителів. Один зі шляхів вирішення цієї проблеми є Національна програма інновацій та науки (National Innovation and Science Agenda), яка спрямована на забезпечення якості та професійного розвитку вчителів. Завдяки цій програмі впроваджено ініціативу Embracing the Digital Age. Діють і інші ініціативи, такі як Академія кодування у Квінсленді (Queensland Coding Academy) та Зламай Код (Crack the Code) у Новерландії. На території країни діють також незалежні міжнародні організації та їхні програми, такі як Code Club.

Для вдосконалення практики STEM-освіти у країні також діє волонтерська програма «STEM-професіонали в школі» (STEM Professionals in Schools) від ініціативи CSIRO, яка раніше називалася Вчені та математики в школі (Scientists and Mathematicians in Schools).

Фахівці в різних галузях можуть доєднатися до програми й обрати різні варіанти співпраці з учителями:

- розробка уроків з учителем, що узгоджуються із загальними можливостями австралійського навчального плану;
- наставництво вчителів;
- відвідування сайту чи екскурсії;
- запуск спеціальних STEM-клубів;
- лекції про кар’єру та презентації (профорієнтація);
- демонстрації експериментів;
- підтримка учнів у спеціалізованих проєктах;
- онлайн-підтримка.

Одночасно в школах діє ініціатива щодо грантів у рамках програми «Цифрова грамотність», яка підтримує інноваційні способи реалізації навчальної програми шляхом надання школам грантів для придбання цифрової техніки. Оскільки найближчим часом у школах Австралії мають вводити навчальну програму зі штучного інтелекту, то потрібна також підтримка вчителів із вивчення цього напрямку і забезпечення технологіями.

На підтримку STEM-освіти кожні чотири роки незалежним статутним органом Австралії (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority), що співпрацює з департаментом освіти, розробляються навчальні плани для шкіл країни. Цією установою зараз розробляються навчальні плани для кожного зі STEM-предметів [336]. Розроблено навчальні плани окремо для таких предметів, як математика, технології (дизайн і технології, цифрові технології) та наука (біологія, хімія, земля та екологія й фізика). Технології вивчаються тільки до 10-го класу, а математика та наука – до 12-го класу.

Університети країни беруть безпосередню участь у впровадженні STEM-освіти. Університетом Аделаїди створено онлайн-платформу Цифрові технології (Digital Technologies MOOCs), яка забезпечує безкоштовне професійне навчання вчителів за австралійським навчальним планом: доступ до цифрових технологій та його безкоштовного новітнього

програмного забезпечення. Існує ініціатива Австралійської комп'ютерної академії, яка в Сіднейському університеті проводить професійні навчальні семінари для вчителів шкіл усєї країни [56].

На підтримку міждисциплінарних наукових досліджень існує в країні Австралійська Рада Навчальних Академій, яка поєднує чотири австралійські навчальні академії: Австралійську академію гуманітарних наук, Австралійську академію наук, Академію соціальних наук Австралії та Австралійську академію технологічних наук та інженерії. Цією радою проведено ряд досліджень у галузі STEM, які лягли в основу прийнятих рішень щодо впровадження і підтримки цього освітнього напрямку [356].

Таким чином, впровадження STEM-освіти в Австралії відбувається відповідно до визначеної у 2013 р. урядом стратегії оновлення освіти країни, а в 2015 р. прийнята національна стратегія розвитку STEM-освіти в школі. Сьогодні реалізується розробка галузевої програми STEM-освіти, що відповідає третьому кроку визначеної стратегії.

Таким чином, в Австралії різноманітні ініціативи в STEM-галузі відбуваються завдяки Національній програмі інновацій та науки, а також волонтерської програми «STEM-професіонали в школі». Цікавим є те, що університети країни беруть безпосередню участь у впровадженні STEM-освіти в школі, зокрема проводять безкоштовне підвищення кваліфікації вчителів, професійні навчальні семінари для вчителів шкіл усєї країни.

2.3. STEM-освіта в країнах Сходу та Південно-Східної Азії

Згідно з міжнародними дослідженнями, у Східній та Південно-Східній Азії з'явилися країни, які характеризуються винятковою динамічністю розвитку STEM-галузі: Китай, Південна Корея, Японія, Тайвань і Сінгапур [459]. З огляду на це, вважаємо за доцільне здійснити вивчення досвіду деяких з цих країн в аспектах впровадження, реформування та вдосконалення STEM-освіти.

Китай. Система освіти в Китаї належить до культурної традиції, тому дослідники відзначають збереження високого престижу освіти і особливе ставлення до освітян. У свою чергу, вчителі надають великого значення плануванню уроків і систематичному навчанню та підвищенню кваліфікації.

Освіта перебуває під контролем держави, і більша частина освітніх послуг є безкоштовною. Проте існує дуже велика конкуренція на навчання в університетах, тому більшість випускників шкіл навчаються у професійній освіті.

Часто саме підприємство зацікавлене в освіті своїх фахівців і навчає їх на платних курсах, тому частка інтеграції виробництва в навчальний процес закладів вищої освіти є високою.

Дослідники відзначають також значну частку «технічних» дисциплін у програмах вищої освіти порівняно з «гуманітарною». Тому інженерія є найпопулярнішою дисципліною для студентів.

Навчальна програма STEM-освіти в Китаї зосереджена на створенні міцних фундаментальних знань та оволодінні основними концепціями з біології, хімії та фізики, а також алгебри й геометрії. Згідно зі статистичними даними, у Китаї відносна частка випускників STEM-спеціальностей більша, ніж у інших країнах (у тому числі в США та Індії) [355]. Наука викладається як окремі предмети (фізика, хімія та математика).

У Китаї, як і в інших країнах, існують національні стандарти викладання. Вони періодично переглядаються і змінюються. Підручники, матеріали, підготовка вчителів та професійний розвиток чітко узгоджуються з цими стандартами. Існує чітка система стимулів заробітної плати у кар'єрному зростанні вчителя. Крім того, вчитель спеціалізується тільки зі своєї дисципліни.

У 2006 р. було оголошено про нову мету розвитку науки і техніки до 2020 р. [351]. Розвиток інноваційних технологій є необхідною умовою конкурентоспроможності на глобальному ринку, тому пріоритетною стратегією було визначено розвиток таланту. Такі цілі повинні бути досягнуті шляхом реформування освіти та залучення іноземних талантів [471].

У квітні 2017 р. Міністерство освіти Китаю оголосило офіційно про введення в навчальну програму початкової школи STEM-освіти, випустивши серію навчальних матеріалів та навчальних посібників STEAM для початкової школи [449].

Зважаючи на велику кількість населення і нерівномірність його проживання у країні, впровадження нової освітньої політики має певні труднощі. Зокрема, лише частина шкіл та університетів почали розробку методичного забезпечення, частина шкіл використовують проєктне навчання (project-based learning), але не всі вчителі були готові до нових методів навчання, зокрема проєктної діяльності [377]. Тому одним із ключових моментів впровадження нових стандартів стала підготовка вчителів та їхній професійний розвиток [366].

В одному з комплексних досліджень [378] кількісного аналізу освітнього середовища Китаю розглядаються основні проблеми, з якими стикається сфера вищої освіти країни, яка намагається стати академічною наддержавою. Насамперед, це те, що у Китаї дуже чітко прописана система, за якою вчитель повинен діяти, якщо хоче отримати підвищення по роботі або додаткову оплату. Така система заохочення може призвести до короткочасного успіху: швидкі публікації і зростання їх кількості, але не якості, численні короткочасні дослідження, без довгострокових спостережень, для яких можуть знадобитися десятки років. Автор відзначає, що система оцінювання, яка існує, перешкоджає інноваційним дослідженням, оскільки ефективність визначається числовими

показниками успіху: за кількістю публікацій, оцінкою часу та штрафів, у випадках невдалих спроб, підрахунком щорічної ефективності, індексуванню у базах даних. Але не оцінюється справжня якість та наслідки проведених досліджень або їх соціальний вплив, значення. Це демотивує науковців у проведенні наукових досліджень.

Інші дослідники вказують, що дотримання традицій теж є певною перешкодою до впровадження нових навчальних планів, організації співпраці з учителями [366].

Загалом, як зазначив Р. Апелъбаум, якщо Китай хоче мати провідну роль у наукових дослідженнях, йому потрібно пройти ще дуже довгий шлях: «...це культурна проблема і це вимагатиме значних змін у мисленні» [378].

Більшість учителів у Китаї мають бакалаврський ступінь освіти. Для перенавчання держава виділяє досить велике фінансування [355]. Було розроблено чимало тренінгових семінарів та груп партнерства, увага зосереджувалась у галузі STEM-освіти та педагогічних, а не предметних, знаннях й уміннях. Тому поступово в країні формується спільнота вчителів, які працюють за новими навчальними планами.

Разом з тим, оскільки виробництво зацікавлене в навчанні співробітників, між університетами, коледжами та підприємствами укладаються угоди про співробітництво.

Дуже цінується співпраця з іноземними навчальними закладами. Одним із прикладів є співпраця між Академією робототехніки університету Карнегі-Меллона (CMRA, США) та інститутом PKU-HKUST (PKU-HKUST Shenzhen-Hong Kong Institution) [365]. У рамках цієї співпраці очікується поширення STEM-освіти в галузі комп'ютерних наук та програм робототехніки. Інститут PKU-HKUST виступає як центр підготовки викладачів та сертифікаційний центр CMRA зі STEM-програм у Китаї, включаючи Гонконг та Макао.

Таким чином, STEM-освіта в Китаї спрямована на фундаментальну природничо-математичну підготовку здобувачів освіти та оволодіння ними основними концепціями з біології, хімії, фізики, а також алгебри і геометрії, що утворюють «мета-дисципліну». З 2017 р. впроваджено програму початкової школи STEM-освіти, підготовлено серію навчальних матеріалів та навчальних посібників STEAM для початкової школи. При цьому для реалізації STEM-освіти частина шкіл використовує проєктне навчання (project-based learning - PBL), проте не всі вчителі були готові до цього. Тому в Китаї проводились різноманітні тренінгові семінари й групи партнерства, в увага зосереджувалась у галузі STEM-освіти. Китай також здійснює міжнародну співпрацю з іноземними закладами вищої освіти.

Південна Корея. Незважаючи на прогрес в економічному зростанні країни, у Південній Кореї, як і у всьому світі, спостерігається зменшення кількості молоді, яка зацікавлена в науці й техніці. Проте дослідження засвідчують, що зацікавленість у професії вчителя набагато більша, ніж у науково-технічних професіях [392].

Ґрунтуючись на тому, що ключовими словами для нових перспектив технологічного суспільства є «креативне мислення» та «академічна конвергенція», починаючи з 2011 р. Міністерство освіти, науки та технологій Кореї (Ministry of Education, Science, and Technology) зробило STEAM основною освітньою політикою держави та ініціювало такі стратегії: підвищити інтерес суспільства до науки та математики, щоб вони обирали навчання та роботу в цих галузях; виховувати талановиті людські ресурси в науці та техніці, щоб підвищити конкурентоспроможність та розвиток країни. Корейський фонд сприяння розвитку науки і творчості (Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity) проводить різні заходи для популяризації науки та математики, а також підтримує державні програми наукової освіти.

Для створення нових навчальних планів було утворено робочі дослідні групи, до складу яких були включені і вчителі. До цієї групи спочатку ввійшло шістнадцять шкіл, потім їх кількість збільшилась до вісімдесяти. Зважаючи на те, що частина вчителів мало використовували інтегративні плани на уроках, а також мали брак знань та досвіду у навчанні STEAM, було започатковано проєкт «STEAM Leader School», у рамках якого застосовувались інтегральні плани, проводились інтегровані уроки, а також була організована методична підтримка вчителів (розроблені моделі уроків для програми STEAM, надана адміністративна та фінансова підтримка, продуктивне підвищення кваліфікації та консультації з експертами) [450; 398].

Професія вчителя – одна з найпопулярніших у Кореї, тому існує конкуренція при вступі на цю спеціальність та відбір (кваліфікаційний іспит, який проводить столичне/провінційне відділення освіти) у державні школи після закінчення навчання. Вчителем можна стати, отримавши диплом коледжу або вищого навчального закладу. У коледжах студенти обирають тільки декілька дисциплін і набувають з них глибоких знань. Тому існує проблема вибору студентами дисциплін саме STEAM-напряму.

У країні є чимало програм підвищення кваліфікації. Але існує проблема навчання досвідчених вчителів, оскільки ці курси не можуть бути застосовані для роботи в класі (як стверджують учителі). Тому в 2011 р. було запроваджено програму «Головний учитель» (Head Teacher), яка надавала вчителям зі стажем понад 15 років можливість зменшення навчального навантаження і підвищенням заробітної плати за виконання наставницької ролі для молодих вчителів, допомогу їм у вихованні, навчанні та дослідженнях [392].

Таким чином, у Південній Кореї основою освітньою політикою держави стала концепція STEAM. Основною організацією, що забезпечує державну підтримку програм наукової освіти, а також проводить різні

заходи для популяризації STEAM-галузі, є Корейський фонд сприяння розвитку науки і творчості. Для створення нових навчальних планів STEAM-галузі та їх впровадження було утворено робочі дослідні групи, які включали вчителів, а також започатковано проєкт «STEAM Leader School». Для підвищення кваліфікації вчителів запроваджено програму, яка надала досвідченим вчителям зі стажем понад 15 років можливість зменшити навчальне навантаження і підвищити їм заробітну плату за виконання наставницької ролі для молодих вчителів, а також наданням їх допомоги у навчанні та дослідженнях STEAM-галузі.

Сінгапур. За дослідженнями PISA, Сінгапур входить до п'ятірки країн з найбільшою кількістю учнів з найвищими досягненнями в галузі природничо-математичних дисциплін [433]. Крім того, Сінгапур демонструє стійке економічне зростання протягом тривалого часу.

Вчителі здобувають освіту у Національному інституті освіти у Сінгапурі (National Institute of Education), у якому є 12 відділень, три з яких пов'язані зі STEM, найважливішими з них є такі академічні групи: «Навчальні науки і технології», «Природничі науки та наука», «Математика та математична освіта». Академічна група «Математика та математична освіта» постійно шукає нові та інноваційні способи донесення змісту математики та курсів педагогіки з метою розробки кращих практик математичної освіти в країні. Крім того, існує спеціальний дослідний центр, відомий як Центр досконалості в галузі навчання інновацій, однією з функцій та обов'язків якого є вивчення напрямів уточнення, адаптації та оцінювання навчальних програм Сінгапуру з математики та науки у США [329].

Для підтримки та розвитку STEM-напрямку в Сінгапурі з 1980 р. існує науковий парк-центр для просвітницької діяльності та підтримки STEM. Також створено Агентство з науки, техніки та досліджень ASTAR, яке слугує інкубатором для високотехнологічного виробництва. Їхні ресурси

(технічні та інформаційні) доступні в науково-дослідних центрах і надають можливості учням та науковцям для проведення власного дослідження, що орієнтоване на економічну діяльність країни. Наприклад, у дослідницьких програмах є програма «Лабораторія вивчення ДНК». Засоби науки агентства дають змогу учням набути практичного досвіду у проведенні генетичних експериментів. Агентство також забезпечує фінансування періодичних витрат на експлуатацію лабораторії. Програми варіюються від початкових відомостей до практичних експериментів, таких як вивчення клітин і бактерій, передача генів флуоресцентного білка від медузи до бактерій та перевірка послідовності генів з використанням цифрових технологій.

Важливим для розвитку STEM-напряму в Сінгапурі є те, що в 2007 р. розроблено нову модель підготовки вчителів TE21 (Teacher Education), гаслом і стратегічними напрямками якої стали: навчання, дослідження та корпоративна підтримка. Ця програма керується такими положеннями:

– *нові цінності, знання та вміння (V3SK)*. Система цінностей, навичок та знань служить ключовим керівним принципом, який гарантує, що навчання вчителів від початкової підготовки вчителя (Initial Teacher Preparation) до післядипломної освіти (Teacher Professional Development) підтримується основою навичок та знань, що, у свою чергу, надійно пов'язане з набором основних цінностей;

– *вимоги до молодих учителів*. Учні XXI ст. повинні мати вчителів XXI ст. Тому модель педагогічної освіти включає різні компоненти, які дають їм змогу активно виконувати обов'язки в класі та школі;

– *посилення взаємозв'язку між теорією та практикою*. Співпраця та партнерство шкіл з провідними установами є звичайною практикою для сінгапурської системи освіти. У такій співпраці в учителя є можливість забезпечити не лише викладання теорії, але й показати практичне застосування;

– *оновлення програми* (коли цінності є ключовими для залучення та розвитку вчителя) та *розширені педагогічні можливості*. Навчання вчителів – це безперервний процес, тому на кожному з етапів має існувати можливість вчителю вдосконалювати та розвивати свої професійні навички;

– *рамки оцінювання для викладання та навчання XXI ст.* Для оцінювання компетентностей молодих учителів використовують три показники ефективності: професійна практика, лідерство та ефективне управління персоналом;

– *збільшення можливостей професійного розвитку*. Для досвідчених учителів пропонується скорочена програма отримання диплому магістра або прискорений бакалавріат [329].

В освітній системі Сінгапуру для вчителя є можливості кар'єрного зростання: від майстра-педагога до фахівця з навчального плану, а потім і до керівника школи [409]. У кожному з варіантів педагог здобуває фахову підготовку і можливість кар'єрного зростання. Довгострокова державна стратегія постійного вдосконалення педагогічних працівників зі STEM-напряму забезпечується дотримання шкільних принципів і традицій.

Таким чином, у Сінгапурі STEM-освіті приділено багато уваги. Вчителі природничо-математичних дисциплін отримують освіту, пов'язану із STEM-галуззю у Національному інституті освіти (National Institute of Education). Для підтримки та розвитку STEM-напряму в Сінгапурі з 1980 р. існує науковий парк-центр для просвітницької діяльності та підтримки STEM. Також створено Агентство з науки, техніки та досліджень, яке слугує інкубатором для високотехнологічного виробництва. У 2007 р. розроблено і впроваджено нову модель підготовки вчителів TE21 (Teacher Education), яка забезпечує їх певну підготовку до подальшого впровадження STEM-освіти в Сінгапурі.

Тайвань. У Тайвані STEM-освіта більш інтегрована. Природничі та науково-технічні дисципліни включають у себе знання про матеріали та енергію, науку про життя, землю та навколишнє середовище, екосистему та інформаційні технології [373].

У Тайвані реформи освіти в STEM-напрямі зосереджені на трьох аспектах: навчальний план, оцінювання результатів навчання та підготовка вчителів [335].

Зокрема, у дев'ятирічному навчальному плані наука інтегрована в природознавство та технології, активне дослідження, самостійне мислення та вирішення проблем, використання науки, технології й інформації. При цьому в молодшій школі STEM-освіта поділяється на дві частини: математика та природничі науки, а навчальна програма STEM-освіти у середніх загальноосвітніх навчальних закладах Тайваня включає в себе широке коло питань, що пов'язані з наукою, але вимоги та глибина кожної теми невисокі. Водночас навчальні плани в старших класах зосереджені на науковій грамотності, а не на підготовці науковців.

Вчителі мають достатню автономію у викладанні та оцінюванні учнів. Також кожна школа має право розробляти і друкувати свої підручники, які відповідають їй напряму, немає системи централізованого постачання підручників [335].

Підготовка вчителів в Тайвані включає в себе загальну і предметну підготовку, а також стажування, перед яким учителі мають пройти кваліфікаційні випробування. В цьому аспекті важливим є те, що з 2018 р. Міністерством освіти впроваджено «Керівні принципи щодо професіоналізму вчителів» та «Критерії, що регулюють дошкільну підготовку педагогічних кадрів для педагогічної освіти» [465].

Таким чином, STEM-освіта в Тайвані є більш інтегрованою ніж в Китаї. Реформи освіти в STEM-напрямі зосереджені на трьох аспектах: навчальний план, оцінювання навчальних досягнень та підготовка

вчителів. Підготовка вчителів в Тайвані включає в себе загальну і предметну підготовку, а також стажування, перед яким учителі повинні пройти кваліфікаційні випробування.

Японія. Система освіти в Японії побудована на конфуціанстві. Тому школи і навчання завжди були і є привілеєм, мають повагу у населення і незламний статус. Цей статус підтримується і фінансово. Навіть у післявоєнні часи оплата вчителів перебувала на рівні держслужбовців [409].

Оскільки «...якість системи освіти не може перевищувати якості вчителів та керівників шкіл, а якість учителів та керівників шкіл не може перевищувати якість організації роботи, професійного розвитку та підтримки, наданої школам та місцевим громадам» [409], то частиною освітніх реформ у Японії п'ятдесят років назад стала робота в напрямі підготовки та перепідготовки вчителів.

У результаті було сформульовано основні положення і вимоги до професійної підготовки вчителів [437]:

– *всі вчителі повинні мати вищу університетську освіту.* Щоб стати вчителем, студенти повинні опанувати сертифіковану міністерством освітню програму навчання в університеті або коледжі;

– *у системі обов'язкової освіти створено програму стипендій та систематичного навчання вчителів.* У Японії є кілька національних педагогічних університетів, що забезпечують підготовку вчителів, які навчають молодих учителів. Навчальна практика є загальною частиною всіх програм навчання вчителів;

– *молоді вчителі спочатку залучаються до навчання на один рік випробувального періоду під наглядом досвідчених учителів, після чого вони можуть приступати до основної роботи.* Досвідчені вчителі беруть на себе відповідальність за консультування та керівництво молодих колег.

Молоді вчителі набувають досвіду, розвивають власні лідерські здібності та стають більш впевненими в собі;

– наявність розширеної системи сертифікації для залучення більшої кількості вчителів. Спеціалізовані навчальні коледжі забезпечують навчання в галузі загальної освіти. Ці коледжі є відкритими і не вимагають спеціального вступного іспиту. Випускники отримують диплом після закінчення середньої школи та можуть продовжувати навчання в післядипломній освіті, щоб отримати додаткові дипломи;

– встановлено систему надання спеціального рангу та компенсації вчителям, які мають високий рівень компетентності в спеціалізованій галузі. Компенсація вчителям приведена до кращої відповідності з типовою компенсацією для людей з їхнім рівнем освіти. Вчителі можуть самостійно організовувати спеціалізовані дослідні групи для розвитку своїх навичок роботи. Загалом колективна робота цілком відповідає командній роботі на підприємствах і в установах по всій країні.

Проте популярність професії вчителя тримається не лише за рахунок високої оплати. Вчителям надається довіра як фахівцям стати: лідерами реформ в країні, прикладом професійності у завданні виростити більшість успішних учнів. Підготовка вчителів створює сильне почуття особистої відповідальності за навчання та благополуччя учнів.

У 1998 р. відбулися зміни в освітній політиці, а саме перехід на «спрощене навчання» (utori education), що передбачало зменшення годин на математику та науку, що призвело до втрати шести позицій у міжнародному рейтингу PISA.

Це стало стимулом до повернення статусу точним наукам у шкільній освіті і прийняття заходів щодо популяризації STEM-напряму діяльності [147]:

– створення навчальних центрів для вчителів базових наук (Training Centers for Core Science Teachers), які забезпечили підготовку вчителів

початкової школи, викладачів університетів, проведення семінарів для популяризації STEM-освіти та ін.;

– *забезпечення цілеспрямованого фінансування*, завдяки якому окремі школи отримали фінансування, елітну програму, передові математичні або наукові програми з математики, науки, вдосконалені дослідження за допомогою співпраці з університетами, посилення міжнародних відносин, наприклад, участь у Міжнародній математичній олімпіаді та Міжнародній олімпіаді з фізики;

– *оновлення змісту навчальних планів*, що передбачає обов'язкове вивченням науки та математики в початковій та середній школі (збільшення кількості годин).

В Японії поняття STEM зустрічається зрідка в публікаціях. У більшості нормативних документів мова йде про науку, технології та інновації (STI) [147].

Фундаментальним документом для інноваційної діяльності в Японії є основний закон про науку і техніку, який визначає довгострокові національні цілі. Відповідно до нього, кожні п'ять років переглядається Базовий план – проводиться аналіз регуляторної політики та корегування існуючої системи підвищення якості освіти. Цей план відображає поступову зміну стратегії держави у глобальному просторі: перехід від торгівлі до виробництва, потім до інтелектуальної власності, а тепер до досліджень і розробок [470].

Останній, п'ятий Базовий план було прийнято на період 2016–2021 рр. [447], який орієнтований не на досягнення в дослідженнях і розробках, а на *побудові суспільства 5.0*, яке передбачає: розширене злиття кібер- та фізичного простору, збалансування економічного розвитку з вирішенням суспільних проблем, побудова суспільства, що орієнтоване на людину.

Для досягнення цієї мети визначено вирішення проблем за сімнадцятьма основними напрямками, серед яких: зелені інновації, інновації в житті та відновлення післястихійних лих тощо. Незважаючи на високий рівень професіоналізму вчителів, введення нових навчальних програм, що відповідають навичкам XXI ст., вимагатиме від останніх систематичного навчання та оновлення методів навчання [447].

Японське науково-технічне агентство (Japanese Science and Technology Agency) є неурядовою організацією, яка сприяє поширенню наукового розуміння та технологій у суспільстві [455]. Цією організацією ініційовано створення навчальних центрів для викладачів базової науки (Training Centers for Core Science Teachers). Створення таких центрів має на меті забезпечити університети кваліфікованими викладачами для залучення молоді до STEM-наук та покращення якості їхньої освіти. Ця організація співпрацює з місцевими радами освіти та університетами.

У 2018 р. Міністерством освіти (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) прийнято Основну політику щодо просування науки, технологій та інновацій (science, technology and innovation) для цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals) [338]. Ця програма є наслідком рішення організації ООН «2030 Agenda for Sustainable Development» (2015 р.). Одним із пунктів цього плану є розвиток людських ресурсів: підготовка молодих дослідників, сприяння діяльності жінок-дослідників, залучення дослідників із-за кордону та їх заохочення, збереження різноманітності наукових досліджень, технологій та інновацій, у тому числі і тренування людей, які будуть відповідальними за STI в наступному поколінні [338].

Таким чином, впровадження STEM-освіти в Японії спрямовано на побудову суспільства 5.0, У більшості нормативних документів, які стосуються STEM-галузі, йде мова про концепт, що інтегрує науку, технології та інновації (STI – science, technology and innovation),

впровадженням якого займається Японське науково-технічне агентство (Japanese Science and Technology Agency). Цим агенством створено навчальні центри для вчителів базових дисциплін (Training Centers for Core Science Teachers), на базі, яких ведеться підготовка як майбутніх, так і вчителів-практиків, більшість з яких – учителі молодшої та середньої школи, які в подальшому розповсюджують отримані знання у формі лекцій, семінарів, організують обмін досвідом, ідеями, порадами з колегами тощо. Все це має забезпечити досягнення цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals).

Висновки до другого розділу

Вивчення зарубіжного досвіду впровадження STEM-освіти дало підстави зробити такі висновки:

1. Концепція STEM-освіти в більшості європейських країн отримує власне наповнення (у Норвегії, Швеції, Естонії та деяких інших країнах визначено групу предметів MST (mathematics, sciences and technology), у Німеччині – MINT (mathematics, information technology, natural sciences and technology), у Великобританії – STEM (science, technology, engineering, and mathematics), в Австрії – IMST (Innovations in Mathematics, Science and Technology). В Європі STEM-освіта підтримується на рівні держави, що сприяє більш швидкому розповсюдженню освітніх практик, проте її впровадження зумовлено цілями і стратегіями, визначеними в кожній країні. Перспективним концептом європейського досвіду є співпраця між майбутніми і вчителями-практиками у впровадженні STEM-освіти.

2. Впровадження STEM-освіти в США відбувається на засадах стандартизації діяльності усіх учасників освітнього процесу. Проте ці стандарти були сформовані професійною спільнотою «Вчителі для вчителів». Винятково важливими факторами, що забезпечують

ефективність цього процесу, є широка підтримка з боку держави та популяризація STEM-освіти серед молоді.

Для Канади характерна нова класифікація освітніх спеціальностей яка інтегрує концепції STEM і BHASE (також називають не-STEM), що включає бізнес, охорону здоров'я, мистецтво, соціальні науки та освіту. В галузі STEM-освіти у кожній із провінцій Канади наявні різноманітні програми та діють різноманітні проєкти, які забезпечують впровадження STEM-освіти. Цікавим є канадський досвід федеральної підтримки досліджень у галузі STEM-освіти шляхом проведення конкурсів серед академічних установ.

Впровадження STEM-освіти в Австралії відбувається відповідно до визначеної в 2013 р. урядом стратегії оновлення освіти країни, а в 2015 р. була прийнята національна стратегія розвитку STEM-освіти в школі. Сьогодні відбувається розробка галузевої програми STEM-освіти, що відповідає третьому кроку визначеної стратегії. Різноманітні ініціативи в STEM-галузі в Австралії відбуваються завдяки Національній програмі інновацій та науки, а також волонтерської програми «STEM-професіонали в школі». Цікавим є те, що університети країни беруть безпосередню участь у впровадженні STEM-освіти в школі, зокрема проводять безкоштовне підвищення кваліфікації вчителів, професійні навчальні семінари для вчителів шкіл усюди країни.

3. STEM-освіта в країнах Сходу та Південно-Східної Азії впроваджується досить активно, але при цьому отримує різне змістове наповнення.

STEM-освіта в Китаї спрямована на фундаментальну природничо-математичну підготовку здобувачів освіти та оволодіння ними основними концепціями з біології, хімії, фізики, а також алгебри і геометрії, що утворюють «мета-дисципліну». З 2017 р. впроваджено програму початкової школи STEM-освіти, підготовлено серію навчальних матеріалів

та навчальних посібників STEAM для початкової школи. При цьому для реалізації STEM-освіти частина шкіл використовує проєктне навчання (project-based learning – PBL), проте не всі вчителі були готові до цього. Тому в Китаї проводились різноманітні тренінгові семінари й групи партнерства, в увага зосереджувалась у галузі STEM-освіти. Китай також здійснює міжнародну співпрацю з іноземними закладами вищої освіти.

У Південній Кореї основою освітньою політикою держави стала концепція STEAM. Основною організацією, що забезпечує державну підтримку програм наукової освіти, а також проводить різні заходи для популяризації STEAM-галузі, є Корейський фонд сприяння розвитку науки і творчості. Для створення нових навчальних планів STEAM-галузі та їх впровадження було утворено робочі дослідні групи, які включали вчителів, а також започатковано проєкт «STEAM Leader School». Для підвищення кваліфікації вчителів запроваджено програму, яка надала досвідченим вчителям зі стажем понад 15 років можливість зменшити навчальне навантаження і підвищити їм зарплату за виконання наставницької ролі для молодих вчителів, а також наданням їм допомоги у навчанні та дослідженнях STEAM-галузі.

У Сінгапурі STEM-освіті також приділено багато уваги. Вчителі природничо-математичних дисциплін отримують освіту, пов'язану із STEM-галуззю у Національному інституті освіти (National Institute of Education). Для підтримки та розвитку STEM-напрямку в Сінгапурі з 1980 р. існує науковий парк-центр для просвітницької діяльності та підтримки STEM. Також створено Агентство з науки, техніки та досліджень, яке слугує інкубатором для високотехнологічного виробництва. У 2007 р. розроблено і впроваджено нову модель підготовки вчителів TE21 (Teacher Education), яка забезпечує їх певну підготовку до подальшого впровадження STEM-освіти в Сінгапурі.

STEM-освіта в Тайвані є більш інтегрованою, ніж у Китаї. Реформи освіти в STEM-напрямі зосереджені на трьох аспектах: навчальний план, оцінювання навчальних досягнень та підготовка вчителів. Підготовка вчителів в Тайвані включає в себе загальну і предметну підготовку, а також стажування, перед яким учителі мають пройти кваліфікаційні випробування.

Впровадження STEM-освіти в Японії спрямовано на побудову суспільства 5.0. У більшості нормативних документів, які стосуються STEM-галузі, йде мова про концепт STI (science, technology and innovation), що інтегрує науку, технології та інновації. Впровадженням STI-освіти займається Японське науково-технічне агентство (Japanese Science and Technology Agency), яким створено навчальні центри для вчителів базових дисциплін (Training Centers for Core Science Teachers). На базі цих центрів ведеться підготовка як майбутніх, так і вчителів-практиків, більшість з яких – учителі молодшої та середньої школи, які в подальшому розповсюджують отримані знання у формі лекцій, семінарів, організують обмін досвідом, ідеями, порадами з колегами тощо. Все це має забезпечити досягнення цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals).

Основні результати розділу опубліковано у працях [31; 34; 40].

РОЗДІЛ 3

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ

У розділі визначено методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на трьох рівнях методології. Запропоновано концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Визначено та охарактеризовано сукупність принципів ефективного функціонування системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

3.1. Методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Для якісного проведення дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності вкрай важливо визначити його методологічні засади, вихідні положення, відповідно до яких воно буде відбуватися.

Загалом поняття «методологія» походить від грецьких слів *methodos* (шлях до чогось, шлях пізнання) та *logos* (слово, поняття). У педагогіці воно має різноманітні тлумачення. Так, у дослідженнях [2; 61; 167] поняття «методологія» визначається як: вчення про методи пізнання, сукупність прийомів дослідження, які застосовуються в певній галузі; учення про науковий метод пізнання або систему наукових принципів, на основі яких

вибудовується дослідження і здійснюється вибір сукупності пізнавальних засобів, методів, прийомів тощо; способи здобуття наукових знань про об'єкт дослідження, а також шляхи досягнення науково-дослідної мети.

Основним завданням методології є визначення системи вихідних позицій дослідження, що включає сукупність принципів, теорій, об'єктивних законів і закономірностей, концепцій, підходів та понятійно-категоріальний апарат дослідження [137]. При цьому методологія будь-якого дослідження має базуватись на останніх найважливіших досягненнях науки й мати пізнавальний орієнтир системного характеру [137, с. 83].

Отже, методологію дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності будемо розуміти як комплекс підходів, принципів, методів, способів, прийомів та засобів наукового пізнання, який здатний забезпечити найшвидше досягнення мети дослідження оптимальним способом.

Багатоаспектність та складність досліджуваної проблеми стають передумовою для її розгляду на різних рівнях методології.

На основі аналізу наукових праць з проблеми методології наукового пізнання [97; 263; 178; 303; 318] вважаємо за доцільне виокремити три рівні методології дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: *філософський, загальнонауковий та конкретно-науковий*.

На **філософському рівні** методологія дослідження спирається на теорію пізнання, діалектичний метод, основні закони і парні категорії діалектики та універсальні гносеологічні принципи [6; 150; 152].

Насамперед, у контексті нашого дослідження особливого значення набуває, саме *теорія пізнання*, яка встановлює внутрішню структуру дослідження, деталізує окремі аспекти його змісту, що спрямовані на наукове пізнання не тільки самого досліджуваного феномену, а й на його

походження, фактори, що зумовлюють його сучасний стан і перспективи подальшого розвитку [299, с. 412].

Відповідно до основних положень *діалектичного методу* [152], дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності потребує:

- 1) розгляду досліджуваного феномену в аспекті його розвитку;
- 2) вивчення та урахування всіх зв'язків досліджуваного феномену та його взаємодії з іншими складовими системи освіти, насамперед з тими, що впливають на його стан та визначають тенденції його розвитку;
- 3) аналізу процесу поступового розвитку досліджуваного феномену та виявлення моментів переходу кількісних змін у якісні;
- 4) розгляду досліджуваного процесу як процесу саморозвитку, що відбувається за рахунок внутрішніх суперечностей, які і є джерелом його розвитку [299, с. 412].

Ефективне дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності також неможливе без дотримання універсальних гносеологічних принципів: розвитку, загального зв'язку, а також діалектичної єдності теорії і практики [162].

Таким чином, на філософському рівні методологія дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності базується на: загальних положеннях теорії пізнання, сучасній формі діалектичного методу та універсальних методологічних принципах (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії і практики).

Загальнонаукова методологія дослідження, виходячи з вимог філософської методології, вирішує загальні для будь-якої наукової дисципліни проблеми, виділяючи при цьому певні основоположні ідеї [150]. Вона характеризує сукупність методологічних принципів та

підходів, які загалом можуть застосовуватися для проведення досліджень, у тому числі й у сфері педагогіки.

Насамперед на загальнонауковому рівні методології для дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності доцільно застосовувати такі логічні прийоми пізнання, як: *аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія та формалізація*. Використання зазначених логічних прийомів сприятиме переходу від уявлення про структуру системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності до уявлення про її організацію.

Для належної організації нашого дослідження також необхідно дотримуватися принципів, серед яких найважливішим є *принцип об'єктивності*, що зумовлює необхідність уникнення суб'єктивізму й упередженості у ході дослідження. Разом з цим принципом актуалізується потреба й у врахуванні *принципу концептуальної єдності дослідження*, який передбачає формування авторського бачення сутності досліджуваного феномену, що має характеризуватися єдністю, логікою, несуперечливістю та унікальністю. Також важливими для нашого дослідження є *принцип сутнісного аналізу*, який декларує вимогу до визначення сутності досліджуваного феномену, деталізації його основних властивостей та структурних компонентів, а також *принцип можливості відтворення результатів дослідження*, який висуває вимоги до простоти, ясності та прозорості отриманих результатів, що дасть змогу іншим науковцям, у разі потреби відтворити дослідження.

Для більш ґрунтовного та різнобічного вивчення досліджуваного феномену на загальнонауковому рівні методології нами обрано *системний та синергетичний підходи*.

Так, використання *системного підходу* (С. Бобришев, І. Блауберг, Е. Юдін, А. Уйомов, Д. Чернілевський) [20; 19; 292] передбачає розгляд процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності як *системи*, що зумовлює необхідність: 1) визначення сукупності її елементів (підсистем); 2) виявлення, класифікацію та впорядкування зв'язків між цими елементами (підсистемами); 3) виділення тих зв'язків, що забезпечують її функціонування. При цьому поняття «система» визначається як множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють певну цілісність, властивості якої є інтегративними [19; 292]. Це поняття також розуміють як «сукупність елементів, що перебувають у взаємодії та зв'язках один з одним і створюють відповідну цілісність, організовану для досягнення однієї або кількох поставлених цілей» [238].

Розгляд процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності як системи, зумовлює необхідність врахування всіх ознак, які притаманні будь-якій системі, а саме: цілісність, структурність, взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, ієрархічність, цілеспрямованість, самоорганізація та багатоваріантність опису [313, с. 171–172]. З огляду на те, що досліджуваний процес є нелінійною системою, дослідження його структури не може обмежуватись вивченням тільки окремих складових (елементів), а необхідно враховувати особливості й загальні закономірності функціонування досліджуваного процесу в цілому [141].

Таким чином, з позицій системного підходу в контексті нашого дослідження необхідно:

– визначити основні структурні складові (підсистеми) системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності та їх елементи;

– окреслити супідрядність, ієрархію, цілісність й взаємодію визначених структурних складових (підсистем);

- визначити особливості її функціонування;
- визначити фактори, що впливають на досліджуваний процес.

Використання *синергетичного підходу* (В. Кремень, І. Пригожин, І. Стенгерс, Г. Хакен) у дослідженні підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає розгляд досліджуваного феномену як складної відкритої нестабільної системи, здатної до самоорганізації та саморозвитку [62; 305].

З позицій синергетичного підходу систему підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності слід розглядати як складний процес, що актуалізує потребу в урахуванні його нестійкості (хаотичності), параметрів порядку і підпорядкування [99; 120]. При цьому найвищий рівень хаотичності складного неврівноваженого процесу називають *точкою бифуркації*, вихід з якої можливий тільки за умови введення у систему достатньої кількості енергії та спільної синхронної діяльності більшості його підсистем (компонентів) [235]. Ключового значення в самоорганізації системи набуває поняття *порядку*, що визначає найважливішими ті підсистеми (компоненти), що зумовлюють дію інших підсистем [305].

Одним із положень цього підходу, яке набуває винятково важливого значення для нашого дослідження, є те, що жодній відкритій системі не можна нав'язувати конкретний шлях розвитку. Проте можна *обрати та стимулювати один із варіантів, що можливий у конкретних умовах*, при цьому розраховуючи на самокерованість і самоорганізацію процесу, та здійснювати слабкі впливи, що збігаються з обраним варіантом розвитку [134]. У цьому контексті дуже важливим є те, що самоорганізація виникає як результат спільної дії окремих підсистем, що в підсумку веде до *саморозвитку* – утворення більш складних структур в усій системі. У свою

чергу, самоорганізація характеризується зміною якісного стану системи, яка відбувається дискретно (стрибком), а не рівномірно [119].

Таким чином, використання синергетичного підходу у дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

- система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відкритою системою, яка має здатність до самоорганізації та саморозвитку;

- досліджуваний процес професійної підготовки можна спрямувати шляхом слабких впливів на підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, але при цьому враховуючи його самокерованість і самоорганізацію;

- кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін також має здатність до самоорганізації й саморозвитку;

- майбутній учитель природничо-математичних дисциплін – складна відкрита система, що саморегулюється.

Рівень **конкретно-наукової методології** дослідження визначається як сукупність тих підходів, принципів, положень і теорій, які можуть бути застосовані для проведення дослідження в конкретному напрямі (галузі) певної науки [62]. Відтак, дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності на цьому рівні доцільно представити сукупністю підходів, серед яких: *особистісно орієнтований, компетентнісний та культурологічний*.

Так, використання *особистісно орієнтованого підходу* (Б. Ананьєв, Р. Берне, Л. Виготський, О. Леонт'єв, Г. Олпорт, А. Маслоу, К. Роджерс, С. Рубінштейн та ін.) у дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM

технологій у професійній діяльності передбачає розгляд кожного здобувача вищої освіти як особистості, що формується в процесі своєї діяльності та у спілкуванні з іншими людьми, а також сама визначає характер цієї діяльності та спілкування. Метою цього підходу є розвиток індивідуальних особистісних характеристик і здібностей здобувачів освіти, забезпечення їх прагнення до самоутвердження, саморозвитку і самовдосконалення.

У сучасній освіті особистісно орієнтований підхід набув реалізації як *особистісно орієнтоване навчання* і став одним із пріоритетних напрямів державної освітньої політики України [59; 194; 226]. Його метою є «стимулювання важливих патернів життєдіяльності особистості» [288].

Згідно з І. Бехом, особистісно орієнтоване навчання – це таке навчання, центром якого є особистість, її самобутність, самоцінність, суб'єктний досвід кожного спочатку розкривається, а потім узгоджується зі змістом освіти [13]. І. Якиманська розглядає його як організацію власної діяльності здобувачів освіти на основі особистих потреб, інтересів, устремлінь, використовуючи індивідуально вироблені способи навчальної роботи і керуючись особистісним ставленням до неї. Розглядаючи особливості цього навчання, авторка зазначає, воно являє собою суб'єктно значуще пізнання світу, сповнене особистісними смислами, цінностями, ставленням, зафіксованими у суб'єктивному досвіді того, хто навчається. Зміст цього досвіду має бути розкрито, максимально використано, збагачено науковим змістом та за потреби перетворено в ході освітнього процесу [322; 323].

Основними сутнісними ознаками особистісно орієнтованого навчання є: суб'єкт-суб'єктна взаємодія, суб'єктний досвід, діалогічність, проєктність, ресурсна забезпеченість, проблемність, рефлексивність. Відтак, особистісно орієнтоване навчання – це «постійний тренінг особистісного зростання і здобувача освіти, і педагога» [151; 229; 269].

Водночас особистісно орієнтоване навчання у вищій школі має певні особливості і ґрунтується на певних принципах [72; 301]:

- пріоритет індивідуальності, самоцінності здобувача вищої освіти, який є суб'єктом освітнього процесу;
- співвіднесення освітніх технологій на всіх рівнях освіти із закономірностями професійного становлення особистості;
- визначення змісту освіти рівнем розвитку сучасних соціальних, інформаційних, виробничих технологій і майбутньої професійної діяльності;
- випереджальний характер освіти, що забезпечує формування професійної компетентності майбутнього фахівця;
- визначення дієвості освітнього закладу організацією навчального середовища;
- врахування індивідуального досвіду здобувача вищої освіти, його потреби в самореалізації, самовизначенні, саморозвитку.

Отже, базою особистісно орієнтованого навчання у вищій освіті повинен стати діалог між майбутнім вчителем природничо-математичних дисциплін, який є здобувачем вищої освіти, та викладачами, що викладають навчальні дисципліни. Такий діалог можливий тільки в ході їх взаємодії як *рівноправних суб'єктів* освітнього процесу.

Поняття «суб'єкт» було введено в психологію С. Рубінштейном [262]. Автор вважав, що важливою рисою суб'єкта діяльності є *не лише розвиток, а й саморозвиток*. Особистість стає і усвідомлює себе суб'єктом тільки в процесі предметної діяльності і спілкування. Під суб'єктом потрібно розуміти особистість як історичну істоту, індивідуальне втілення людського суспільства, як відбиток суспільної здатності до пізнання. Певним чином підтримуючи позицію науковця, відзначимо, що в будь-якому разі викладач все одно повинен мати більше повноважень, знань і досвіду, інакше навчання не відбудеться. Адже навчитись можна тільки у того, хто знає більше за тебе.

В умовах інформаційного суспільства виникла *концепція трисуб'єктної дидактики* (О. Співаковський, Л. Петухова, В. Коткова) [144; 222; 281; 282], яка є окремим напрямом педагогіки і передбачає рівноправну взаємодію викладача, здобувача освіти та відповідного інформаційно-комунікаційного педагогічного середовища. Це стало можливе завдяки тому, що сучасне інформаційно-комунікаційне освітнє середовище може взяти на себе значну частину функцій викладача і часто стає не лише посередником між змістом навчання і здобувачем освіти, а й здійснює управління освітнім процесом [281]. Але цей третій суб'єкт дидактики має відповідати певним вимогам, серед них технічні, програмні, академічні, соціальні вимоги та вимоги до людських ресурсів, а також академічні вимоги, які передбачають відповідне методичне наповнення інформаційно-комунікаційного педагогічного середовища [282]. Таким чином, інформаційно-комунікаційне педагогічне середовище сьогодні стає самостійним рівноправним суб'єктом навчального процесу.

Винятково важливим положенням особистісно орієнтованого підходу є розгляд особистості майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін з позицій *теорії самоактуалізації*, яку розробив А. Маслоу [154, с. 152–153.]. Самоактуалізація, на думку науковця, – це неповторний вияв у реальному житті індивідуального потенціалу людського буття, властивого кожній особистості. Вона виступає «вершиною» в ієрархії потреб людини та описує найбільш повну реалізацію її здібностей і талантів, можливостей у суспільстві (на роботі, в колі сім'ї, друзів тощо), в особистісному розвитку, а також в осмисленні свого призначення в житті [45; 431].

Особистість, яка самоактуалізується, має такі риси [26]:

– професійне захоплення улюбленою справою, орієнтація на завдання, на справу;

– автономність, незалежність від соціального середовища, самостійність думок;

- здатність до розуміння інших, увага, доброзичливість до людей;
- постійна новизна, свіжість оцінок, відвертість досвіду;
- розрізнення мети і засобів, зла і добра (не можна вдаватися до будь-якого засобу для досягнення мети);
- спонтанність, природність поведінки;
- саморозвиток, вияв здібностей, потенційних можливостей, самоактуалізуюча творчість у роботі, любові, житті;
- готовність до розв'язання нових проблем, до розуміння проблем і труднощів, до усвідомлення свого досвіду, до реального оцінювання своїх можливостей.

Таким чином, використання особистісно орієнтованого підходу в дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

- якнайповніше врахувати індивідуальні особливості (творчий потенціал, освітні можливості, здібності) кожного здобувача вищої освіти;
- формувати в майбутніх учителів толерантність та емпатійність як критично важливі риси для майбутньої професійної діяльності;
- забезпечувати мотивацію та самоактуалізацію здобувачів вищої освіти до навчання шляхом деталізації його мети, корегування змісту та використання інтерактивних технологій навчання;
- аудиторні й позааудиторні заняття будувати в контексті здійснення міждисциплінарних зв'язків;
- активно використовувати в процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін елементи монологу, діалогу та полілогу, а також обмін думками.

Використання *компетентнісного підходу* (С. Адам, О. Антонова, Л. Маслак, Н. Бібік, С. Бондар, С. Вітвицька, Н. Волкова, М. Головань, Ж. Делор, О. Дубасенюк, І. Зимня, І. Зязюн, В. Кальней, Р. Кеган, О. Пометун, Дж. Равен, Л. Салганік, Г. Селевко, Н. Сидорчук, Ю. Татур,

А. Хуторський, Ф. Шаріпов, В. Шарко, С. Шишов та ін.) у нашому дослідженні передбачає, що результатом підготовки є не формування сукупності знань, умінь і навичок, а певна компетентність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, яка пов'язана з їх діяльністю щодо застосування STEM технологій у подальшій професійній діяльності.

Поняття «компетентнісний підхід» у сучасних дослідженнях набуває різних тлумачень.

Так, у Державних стандартах професійної освіти компетентнісний підхід визначено як «...навчання, сконцентроване на вихідних результатах, а не на вхідних; враховується переважно здатність виконання практичних завдань, але беруться до уваги і знання; навчання у виробничих умовах (принаймні частина навчання відбувається на робочому місці в умовах виробництва» [82, с. 98].

Глосарій ЮНЕСКО тлумачить цей термін як «освіту, що базується на описі, вивченні й демонструванні знань, умінь, поведінки й відносин, необхідних для будь-якої певної ролі, професії або кар'єри» [256].

Під поняттям «компетентнісний підхід» О. Пометун розуміє спрямованість освітнього процесу на формування та розвиток ключових (базових, основних) і предметних компетентностей особистості, результатом якого буде формування загальної компетентності людини, що є сукупністю ключових компетентностей, інтегрованою характеристикою особистості. Така характеристика має сформуватися у процесі навчання й містити знання, уміння, ставлення, досвід діяльності й поведінкові моделі особистості [233, с. 66]. О. Глобін, М. Бурда та інші компетентнісний підхід визначають як «спрямованість навчально-виховного процесу на досягнення результатів, якими є ієрархічно підпорядковані ключова, загальнопредметна і предметна (галузева) компетентності» [124, с. 9–11].

Таким чином, компетентнісний підхід передбачає оновлення змісту освіти, орієнтує на побудову навчального процесу відповідно до

очікуваного або бажаного результату, посилює її практичну орієнтацію, а також гарантує результативність підготовки здобувача освіти, що відповідає запитам ринку праці та інших вимогам. Компетентнісний підхід сприяє формуванню ключових і предметних компетентностей. Саме тому цей підхід сьогодні втілено у стандарти і загальної середньої, і вищої освіти України.

Так, до Стандартів загальної освіти в Україні [81] ввійшли освітні компетентності, які характеризуються предметно-діяльнісною складовою. Розрізняють такі їх типи, відповідно до поділу змісту освіти на: *ключові* (надпредметні, міжпредметні) компетентності – належать до загального (метапредметного) змісту освіти; *загальнопредметні* (загальногалузеві) компетентності – належать до певного кола навчальних предметів та освітніх галузей; *предметні компетентності* – частки стосовно двох попередніх рівнів компетентності, що мають конкретний опис і можливість формування в рамках навчальних предметів. Їх набувають здобувачі освіти упродовж вивчення якоїсь дисципліни.

Найважливішими з усіх є *ключові компетентності*, адже саме вони, як вважають О. Глобін, М. Бурда та інші науковці, є «спеціально структурованим комплексом характеристик (якостей) особистості, що дає можливість їй ефективно діяти у різних сферах життєдіяльності і належить до загальногалузевого змісту освітніх стандартів» [124, с. 10–11].

Для формування та розвитку ключових компетентностей здобувачів освіти у змісті загальноосвітньої підготовки передбачено *наскрізні змістові лінії*, що відображають провідні соціально й особистісно значущі ідеї, спільні для всіх навчальних предметів. Вони послідовно розкриваються в процесі навчання і виховання учнів, виступають засобом інтеграції навчального змісту, а їх опанування забезпечує формування ціннісних і світоглядних орієнтацій здобувача освіти, що визначають його поведінку в життєвих ситуаціях [202].

Аналогічні засади прописані й Стандартах вищої освіти [173]. Зокрема, перелік компетентностей майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, які вони мають опанувати в процесі професійної підготовки, включає: *інтегральну компетентність* (опис відповідного кваліфікаційного рівня Національної рамки кваліфікацій (НРК), згідно із Законом України «Про освіту»), *загальні компетентності* (Перелік, що корелюється з описом відповідного кваліфікаційного рівня НРК) та *спеціальні компетентності* (перелік рекомендованих спеціальних (фахових, предметних) компетентностей, що корелює з описом відповідного кваліфікаційного рівня НРК). Відзначимо, що в цьому переліку інтегральна компетентність здобувача вищої освіти відповідає ключовим компетентностям здобувача загальної середньої освіти.

І хоча поняття компетентність вже тривалий час обговорюється в сучасних педагогічних дослідженнях та нормативно-правовому полі освіти України, однозначного трактування цього поняття ще не сформульовано.

Так, у Законі України «Про вищу освіту» поняття «компетентність» визначено як «динамічну комбінацію знань, умінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти» [237]. У Словнику педагогічних термінів поняття «компетентність» – «це сфера складних умінь та якостей особистості, а бути компетентним означає вміти мобілізувати в даній ситуації здобуті знання і досвід» [276]. Національний освітній глосарій визначає компетентність як «набуті реалізаційні здатності особи, що можна трактувати як сукупність знань, умінь, розумінь, цінностей та інших якостей особистості, яких вона має досягти в результаті навчання за освітньою програмою» [195, с. 32–33].

Науковці В. Ягупов та В. Свистун вважають, що компетентність – це «підготовленість (теоретична, практична, особистісна, психологічна тощо)

до здійснення певної професійної діяльності та наявність професійно важливих якостей фахівця, які сприяють цій діяльності» [321]. Г. Данілова розглядає компетентність як «здатність приймати рішення і нести відповідальність за їх реалізацію при виконанні функціональних обов'язків» [78]. А. Хуторський говорить, що компетентність «передбачає мінімальний досвід застосування компетенції», визначаючи компетенцію як «наперед задану вимогу (норму) до освітньої підготовки учня» [309]. Н. Ничкало визначає компетентності як «ставлення до справи, визначені (позитивні) схильності, інтереси і прагнення, здатність ефективно використовувати знання й уміння, а також особистісні якості для забезпечення необхідного результату на конкретному робочому місці в конкретній робочій ситуації» [82]. З психологічної точки зору компетентність визначається як «здатність до інтеграції знань і навичок з їхнім використанням в умовах мінливих вимог зовнішнього середовища» [254, с. 306].

Таким чином, поняття «компетентність» ми визначаємо як підготовленість здобувача освіти до здійснення певної діяльності, яка є наперед визначеною (компетенцією). У контексті нашого дослідження це STEM-компетентність майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін.

Аналіз публікацій, що пов'язані з педагогічною компетентністю, засвідчує, що в структурі цього поняття науковці виділяють різні компоненти. Так, С. Бондар вважає, що *компетентний педагог* – це такий фахівець, який володіє ґрунтовними знаннями з будь-якого предмета шкільного курсу навчання та організовує навчальну діяльність так, щоб вона була спрямована на отримання усвідомленого результату [3]. На думку І. Зязюна, «педагогічна компетентність» – це загальна сукупність знань, умінь, властивостей і якостей особистості, що забезпечує високий рівень самоорганізації професійної діяльності [98]. З точки зору зарубіжних дослідників, «педагогічна компетентність» має тривимірний

характер, який уособлює знаннєвий, вміннєвий і ціннісний компоненти [374]. В. Шарко у структурі компетентності вчителя також виділяє три компоненти: когнітивний (знаннєвий), діяльнісний (перелік умінь і навичок), особистісний (цілі, мотиви, цінності, рефлексія) [316]. У цій структурі найважливішими є цінності, адже саме вони «відіграють ключову роль у перетворенні реальності і виконують роль підстави для дії, спрямовуючи індивідуальну і колективну дії, а також забезпечують граничні (останні) підстави для дії та діяльності» [460].

Винятково важливою для нашого дослідження є монографія В.Петрук «Формування базового рівня професійної компетентності у майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інтерактивних технологій» [222], у якій науковець виділяє окремі компетенції майбутніх випускників технічних ЗВО. Зокрема, до *інженерно-технічних компетенцій* майбутніх випускників технічних ВНЗ авторка відносить: мотиваційні компетенції – внутрішні мотиваційні установки позитивних мотивів до навчання та набуття теоретичної (використання міжпредметних зв'язків та набутих знань з фундаментальних дисциплін) та технологічної (володіння загальними пособами виконання дій, оптимізація послідовності вибраних дій) компетенцій; комунікативну компетенцію – використання продуктивної комунікації та спілкування для реалізації спільних цілей діяльності, готовність до діалогу як методу засвоєння навчального матеріалу, володіння прийомами та засобами ділових стосунків. До *професійних компетенцій бакалавра*: теоретико-технологічну – наявність системи професійних знань, спроможність інтеграції знань у нових ситуаціях, здатність до ефективних розв'язань традиційних та нетрадиційних технічних задач, спроможність розробляти інженерні технології, аналізувати технічну документацію, у тому числі складену іноземними мовами, самостійно отримувати інформацію, постійно підвищувати освітній рівень; виробничо-технологічну – здатність планувати технологічні процеси, використовувати досвід інших, володіння

способами впровадження власних технічних та технологічних розробок у виробничий процес, володіння інформаційними технологіями; соціально-комунікативну – готовність до взаєморозуміння та взаємодії у комунікації та стосунках, здатність до обговорення та прийняття спільних рішень, здатність брати відповідальність за їхню реалізацію на себе, здатність уникати конфліктів, толерантно розв'язувати їх між іншими учасниками виробничого колективу. До *фахових компетенцій магістрів*, крім набутих на базі професійних компетенцій бакалавра, нею віднесено: проектно-конструкторську компетенцію – здатність до проектування та конструювання технічного обладнання, технологічних процесів, комп'ютерних систем управління та інші (в залежності від спеціалізації); дослідницьку компетенцію – здатність виявлення та формулювання проблеми дослідження, спроможність досліджувати й удосконалювати об'єкти та засоби інженерної праці, формулювати грамотно обґрунтовані висновки щодо отриманих результатів дослідження; організаційно-управлінську компетенцію – здатність раціонально організувати рентабельне виробництво та керувати ним; соціально-методичну компетенцію – здатність очолювати колектив, нести відповідальність за власні вчинки, професійна мобільність, творчий підхід до роботи з колективом, знання основ конфліктології, здатність суміщення власних інтересів та потреб підприємства і суспільства, здатність до постійного підвищення освітнього рівня, потреба в актуалізації й реалізації власного потенціалу, здатність точно і коректно передавати знання та формулювати вимоги й завдання підлеглим тощо [222].

Таким чином, визначимо STEM-компетентність майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін як інтегративне утворення, структура якого включає знаннєву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові.

При цьому саме ціннісно-мотиваційна складова STEM-компетентності дає змогу сформувати ціннісні орієнтації майбутніх

учителів природничо-математичних дисциплін в напрямі застосування STEM технологій у подальшій професійній діяльності [36].

На думку В. Петрук, першим реальним кроком до формування мотиваційної майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін є професійно спрямоване викладання фундаментальних дисциплін й пропонує такі шляхи реалізації [222]:

1. Аналіз і уточнення змісту дисциплін фундаментального циклу, що відповідає спеціальним дисциплінам. Наприклад, з величезної кількості розділів вищої математики для загального курсу в технічному ВНЗ треба відібрати тільки ті розділи і теми, що мають подальше застосування в спеціальних курсах, предметах та інших фундаментальних дисциплінах для кожної спеціальності.

2. Професійна спрямованість навчального матеріалу (супроводження теоретичного матеріалу прикладами зі спеціальних дисциплін, майбутньої професії; міжпредметний зв'язок з іншими фундаментальними дисциплінами).

3. На практичних заняттях, при виконанні лабораторних робіт обов'язково (де це можливо) поряд з розв'язуванням стандартних задач розв'язувати прикладні задачі з технічним змістом відповідної спеціальності.

4. У процесі розв'язування прикладних задач використовувати алгоритми розв'язування, математичне моделювання.

5. Розглядати різні методи розв'язування технічних задач у процесі поступового викладання логічно пов'язаного теоретичного матеріалу.

6. Обов'язково формулювати висновки після отримання результату розв'язування прикладних задач з точки зору виробництва, інших дисциплін [222].

Таким чином, використання компетентнісного підходу у дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних

дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

- метою процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є формування їх STEM-компетентності;

- структура STEM-компетентності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін включає знаннєву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові;

- найважливішою структурною складовою STEM-компетентності є ціннісно-мотиваційна складова.

Використання *культурологічного підходу* (В. Андрущенко, Л. Губернський, С. Ісаєнко, М. Каган, В. Кремень, Л. Матвєєва, М. Михальченко, Н. Ничкало, О. Пілевич, О. Пехота, О. Попенко) у нашому дослідженні передбачає, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності має бути спрямована на формування STEM-культури, що базується на цінностях і нормах поведінки, важливих для впровадження STEM-освіти.

Основним положенням цього підходу є те, що діяльність людини цілком пов'язана з тим соціокультурним середовищем, у якому вона перебуває і веде свою діяльність [111]. Тому з позицій культурологічного підходу неабиякого значення набуває концепт «*культура*», яка в декларації ЮНЕСКО про культурну різноманітність визначена як «сукупність притаманних суспільству або соціальній групі характерних ознак – духовних і матеріальних, інтелектуальних і емоційних, і що крім мистецтва і літератури вона охоплює спосіб життя, «вміння жити разом», системи цінностей, традиції і вірування» [93].

Дослідженню поняття «культура» свої праці присвячує багато вчених. Зокрема, ґрунтовні дослідження та аналіз публікацій з цього питання зроблені В. Давидовим, М. Каганом, Л. Матвєєвою та іншими

науковцями [111; 168], які визначили, що з точки зору масштабності поняття «культура» має три рівні – загальний, особливий, одиничний. Також існують класифікації на основі:

- інтегративного підходу як загальносистемного явища, що складається із спільних цінностей, яких дотримуються всі або більшість;
- диференційного підходу як суми окремих субкультур підходів;
- самостійної категорії, коли системи відліку відрізняються, постійно змінюються на індивідуальні, що по суті є нестійким поняттям.

У працях науковців поняття «культура» розглядається з трьох сторін – предметної, функціональної, історичної – та у взаємозв'язку трьох основних форм буття – людина, суспільство, природа. Існують різні точки зору на різні групи класифікацій поняття «культура», наприклад: психологічні, структурні означення, нормативні, інтегративні тощо. Однак загальноприйнятого визначення немає, а окремі дослідження нараховують більше ніж 300 визначень цього поняття.

Загалом між визначеннями цього терміна як у зарубіжних авторів, так і в українських, є суттєві відмінності.

Так, у зарубіжній науковій літературі [337; 353; 396; 399; 411; 432] поняття «культура» частіше визначається як сукупність традицій, норм і цінностей у діяльності та є результатом історії розвитку людини чи організації. Ще один варіант визначення: це система установок, які підтримують усі члени групи. Формування та розвиток особистості вони пов'язують з її соціальною складовою як баланс між особистісним і соціальним.

Зокрема, побудову індивідуальності вчителя Р. Кеган (Robert Kegan) бачить як постійне та повторне врівноваження «себе та інших» таким чином, що це нагадує спіраль або подвійну спіраль. Людина в різні моменти свого життя переглядає подібні виклики, але в різних ситуаціях, що дає можливість глибше зрозуміти їх [396].

На думку Дж. Крогер (Jane Kroger), перехід на новий рівень розуміння ситуації відбувається в момент, коли відбувається осмислення зміни балансу між «Я» та іншими. І цей перехід супроводжується змінами емоційного стану до відновлення балансу [399].

Як зазначає А. Бандура (Albert Bandura), у навчальних досягненнях навколишнє середовище впливає на індивідуальне прийняття рішень. Він наголошує, що жодне рішення не відбувається поза соціальним контекстом і ніхто не живе в культурному вакуумі [337].

Дослідження Дж. Картеріс (Jennifer Charteris) і Д. Смардон (Dianne Smardon) підкреслюють «співпрацю» та «динаміку» як характеристики, завдяки яким учителі напружують механізми «прийняття» системи професійних установок у соціальному середовищі [353].

У своєму розвитку система установок учителя не є стабільною або наперед визначеною [339; 394; 412], вона є динамічною. Ця система створюється та відтворюється «протягом активного процесу навчання та викладання, і цей контекст, досвід та особистість відіграють певну роль у його розвитку» [473].

У більшості джерел наукової літератури України та країн пострадянського періоду визначення культури як результату розвитку людини відносять до механізмів формування культури, а поняття культури має соціально орієнтоване означення, засноване на співвідношенні природа(феномен)-особистість-суспільство. Різні автори його трактують як: вид діяльності (технологія діяльності, перетворення природи, спосіб існування), сукупність цінностей та результатів діяльності (знакова система, технічна річ), суспільне утворення (система заборон і правил, спосіб життя, соціальна організація). Український педагогічний словник визначає культуру як «сферу духовного життя суспільства, що охоплює насамперед систему виховання, освіти, духовної творчості (особливо мистецької), а також установи й організації, що забезпечують їхнє функціонування (школи, вузи, клуби, музеї, театри, творчі спілки,

товариства тощо)» [63]. Водночас під культурою розуміють рівень освіченості, вихованості людей, а також рівень оволодіння якоюсь галуззю знань або діяльності.

Усе це свідчить про виняткову важливість культури для процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, оскільки вона виступає важливим компонентом для соціальної згуртованості в цілому та надає можливість для підвищення статусу й ролі особистості в суспільстві зокрема.

Одним із вимірів культури є її технологічність, тобто її належність до людської діяльності. Як зазначає М. Каган, наслідком технології діяльності є поняття «цивілізація», а отже, і «засоби досягнення». Тому поняття «культура» є ширшим за «цивілізацію», оскільки вона вирішує питання про мету діяльності (на противагу від інстинктивної діяльності, біологічної активності тварин та рослин) [112]. Людина має самостійно створювати програми своєї діяльності, відбирати оптимальний їх варіант зі спектра можливих, створювати нові, невідомі його предкам програми дій і передавати їх своїм нащадкам через продукти своєї діяльності, які знайшли самостійне, а інколи й вічне буття.

На сьогодні поняття «культура» набуло значення, що охоплює такі сфери, як виховання й освіта на загальному та особистісному рівнях, і більшість дослідників відзначають, що загальні цінності є ключовим елементом у визначенні культури. Це своєрідний спосіб пізнання світу й оволодіння знаннями, а також розвиток особистості.

Потреба у фахівцях, які вміють ефективно розв'язувати професійні завдання та відповідати вимогам сьогодення, постійно зростає, що актуалізує питання «професійної культури», яка визначається як «рівень і якість професійної діяльності» [125]. Саме тому в наукових працях С. Ісаєнко, Н. Миколаєнко, О. Прокопової, О. Пілевич, О. Пехоти, О. Попенка та ін. [109; 175; 224; 234; 252; 295] чимало уваги приділено

поняттю «професійна культура», що пов'язано з різними аспектами фахової підготовки і професійної діяльності.

Багато науковців вивчають це поняття у взаємозв'язку загальної культури і професійної діяльності вчителя.

Так, питанню «професійної культури» вчителя присвячено праці В. Андрущенка, Л. Губернського, М. Михальченка, В. Кременя, Н. Ничкало та ін. [75; 133; 255; 341; 371; 440; 444; 484]. Їх дослідження засвідчили, що особистість майбутнього вчителя формується під впливом особистого досвіду та переконань, завдяки соціальному впливу, зокрема соціальних медіа, та особистим педагогічним переконанням. Цей процес професійної перебудови відбувається постійно і протягом тривалого часу.

У працях М. Віленського професійна культура вчителя є невід'ємною складовою загальної культури і розглядається як «прояв загальної культури у специфічних умовах професійної діяльності» [48].

Водночас вона є складовою (якістю, відображенням або наслідком) культури особистості. На думку А. Капської, І. Сабатовської, це комплекс особистісних знань, умінь, навичок, якостей, які визначають готовність до реалізації своїх сил у конкретній галузі суспільної праці і становлять означення професійної культури як «потреби суспільства в культурному рівні людей, що зайняті тією чи іншою професійною діяльністю» [114; 265]. У праці С. Прийми [236] показано, що означення поняття професійної культури «буде повним лише за умови його комплексного розгляду: через призму принципу діяльності, ціннісних уявлень та особистісних утворень». Він виділяє технологічну культуру як складову професійно-педагогічної культури, яка, у свою чергу, є частиною загальнокультурного означення.

Також має місце означення професійної культури як наслідку колективної діяльності, «колективне програмування людського розуму, яке відрізняє членів цієї групи людей від іншої» [300] та як «специфічної

культури професійного співтовариства і як культури представника цієї професії» [86].

Тому, як зазначає Т. Яцула, важливою в навчанні є культура особистісної взаємодії, яка виявляється через спілкування у сфері професійних інтересів, потреб і «вимагає розвитку особистісних сфер: мотиваційно-ціннісно-смыслової, когнітивно-методологічної, операційно-діяльнісної, індивідуально-творчої» [326].

У праці А. Куха [146] культура визначається як гуманітарна складова, що сприяє якісній підготовці майбутніх педагогів. У системі підготовки майбутніх фахівців він розглядає культурологічний підхід, який збагачує традиційну педагогічну освіту та «вносить значні зміни в принципи формування змісту освіти» і в процес освоєння основних ознак, рис і форм вираження професійної діяльності, менталітету, зразка поведінки й мовлення.

Крім вказаних визначень професійної культури, автори С. Ісаєнко і О. Родкевич [108] використовують означення професійної культури з точки зору статичності/динамічності культурного процесу.

Загалом більшість авторів дають визначення професійної культури як самостійної, а також як поєднання двох інших культур – особистісної та загальної (або соціальної). При цьому значна частина визначень належить особистісно-професійному або професійному прояву.

Науковці також по-різному підходять до визначення структурних одиниць професійної культури. Так, у праці Я. Черньонкова виокремлено такі компоненти професійної культури вчителя: професійна спрямованість, ціннісно-мотиваційна складова, професійні знання, уміння й навички, комунікативна культура. Як механізми закріплення професійної культури автор розглядає ціннісні установки, норми, мотиви й традиції [314]. Г. Улунова вважає, що структура професійної культури містить такі компоненти: мотиваційний, емоційно-вольовий, змістовий та операційний [294]. На думку О. Власюк, структура професійної культури вчителя

включає: тезаурус і кругозір (характеристика пізнавальної здатності та інтелектуального потенціалу), уміння і здібності (предметно-практичний досвід особистості), діапазон інтересів (рівень духовних ідеалів), світогляд (як соціальна спрямованість особистісної культури), норми і методи діяльності (регулятор вчинків і дій), культура почуттів (уособлення гуманістичної спрямованості спілкування, що визначає естетичну насиченість поведінки і діяльності) [50]. І. Сабатовська, до структурних компонентів професійної культури вчителя відносить: аксіологічний (ціннісний), операційний та особистісно-творчий [264]. В. Гриньова в структуру професійної культури включає: духовну (система професійних знань, переконань, культура професійного мислення, професійні потреби, почуття, воляова готовність до здійснення професійної діяльності) і діяльнісно-поведінкову складові (професійно-доцільні способи діяльності й культура поведінки). Крім того, автор розрізняє дві форми прояву професійної культури вчителя: статистичну (репродуктивний рівень) і динамічну (забезпечує подальший розвиток) [71].

У контексті проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності з позицій культурологічного підходу актуалізується питання формування та розвитку STEM-культури здобувачів вищої освіти, яку ми будемо розуміти як цінності й норми поведінки, детерміновані використанням STEM технологій у професійній діяльності.

У сучасних умовах STEM-освіта виступає як особлива соціокультурна діяльність, яка функціонує в контексті культури конкретного суспільства і визначається через цілісну систему особистісних, соціальних і освітніх запитів та потреб, що є багатограними за своїм змістом і формами прояву, оскільки в ціннісному плані вони перебувають під впливом чинників об'єктивної сфери життєдіяльності людей та їхнього суб'єктивного досвіду існування.

Тому в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій насамперед необхідне усвідомлення здобувачами освіти цінності нововведень, їх переваг порівняно із встановленими традиціями та визначення норм їх поведінки у подальшій професійній діяльності [43].

Необхідними рушіями свідомої пізнавальної діяльності для формування STEM-культури у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, з філософської точки зору є: *знання* – «розуміння людиною дійсності, відображення її у вигляді усвідомлених чуттєвих і абстрактних логічних образів» [79], *емоції*, що є рушійною силою для засвоєння знань і усвідомлення процесу пізнання, *воля* – «усвідомлене цілеспрямоване регулювання людиною своєї діяльності» [79].

Формування та розвиток STEM-культури майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, на нашу думку, також залежить і від:

- наявності дисциплін у підготовці та на курсах підвищення кваліфікації, принцип організації яких побудовано на міждисциплінарності та/або з використанням інноваційних підходів у STEM-освіті;

- наявності професійної спільноти STEM-освіти, яка дотримується норм впровадження STEM технологій у професійну діяльність учителів і є осередком підтримки та розповсюдження інновацій;

- навчальних предметів STEM-освіти, які включають у себе розгляд наукових завдань, що ґрунтуються на інтеграції наукових методів та інновацій у навчальний процес, і застосування технологічного впливу на навчальну діяльність.

Таким чином, використання культурологічного підходу в дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

– ніхто не живе в культурному вакуумі, тому всі рішення приймають залежно від соціального контексту;

– культура відіграє важливу роль у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, оскільки вона виступає важливим компонентом для соціальної згуртованості в цілому та дає можливості для підвищення статусу й ролі особистості в суспільстві зокрема;

– в освітньому процесі дуже важливою стає культура особистісної взаємодії, яка виявляється шляхом спілкування між майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, викладачами ЗВО та ЗЗСО;

– система ціннісних орієнтацій майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін є динамічною, а не стабільною або наперед визначеною, що дає нам змогу зорієнтувати його цінності навколо STEM-освіти та застосування STEM технологій у професійній діяльності;

– STEM-культура майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін являє собою сукупність цінностей і норм поведінки, детермінованих необхідністю використання STEM технологій у професійній діяльності.

3.2. Концепція підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Розробка системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій можлива лише за умови висвітлення й обґрунтування авторського бачення досліджуваного феномену, яке втілюється у вигляді певної концепції, що являє собою «систему поглядів, розуміння певних явищ, процесів, набір доказів при побудові теорії» [275].

З позицій педагогіки, концепція є «системою поглядів на те чи інше педагогічне явище, процес, спосіб розуміння, тлумачення якихось

педагогічних явищ, подій; провідною ідеєю педагогічної теорії» [63, с. 177], «основоположним задумом, ідеєю педагогічної теорії, яка показує спосіб побудови системи засобів навчання та виховання на основі цілісного розуміння сутності цих процесів. Вона і являє собою стратегію педагогічної діяльності, визначаючи розробку відповідних теорій» [24, с. 216], та втілює «початковий задум зміни педагогічної дійсності, включаючи й систему уявлень про те, яким чином мають відбуватися зміни» [24, с. 217].

Отже, концепція – це авторське бачення сутності певного педагогічного процесу, у нашому випадку процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, змін, необхідних для її реалізації, та уявлень про те, яким чином ці зміни мають бути реалізовані.

З огляду на це, концепція підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності має відобразити такі характеристики досліджуваного феномену:

- 1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти;
- 2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;
- 3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;
- 4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;
- 5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Так, на нашу думку, **професійна діяльність вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти** насамперед спрямована на формування і розвиток розумово-пізнавальних та особистісних якостей здобувачів загальної середньої освіти, рівень яких визначає можливість їх подальшого опанування перспективної спеціальності STEM-галузі. Це також передбачає формування здатності і готовності майбутнього випускника ЗЗСО розв'язувати комплексні завдання, що можливе за умови належного рівня сформованості критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, роботи в команді, а також їх здатності до реалізації дослідної діяльності. Все це має сприяти формуванню в здобувачів освіти цілісної картини світу, усвідомленню практичної цінності знань з математики, фізики, інженерії та інших предметів STEM-освіти, а також формуванню «м'яких» умінь, необхідних для інформаційного суспільства.

Саме тому одним із найефективніших шляхів реалізації STEM-освіти у загальній середній освіті є *науково-дослідна діяльність*, яка реалізується шляхом виконання певних *проектів*. У ході реалізації такої діяльності здобувачі загальної середньої освіти мають змогу самостійно проводити пошук інформації за темою проекту, здійснювати її аналіз і систематизацію, користуючись при цьому різноманітними інформаційними технологіями. Це дає їм можливість побачити і розв'язати певну проблемну ситуацію, що є за своєю суттю дослідною діяльністю. Така діяльність також дає змогу повністю відпрацювати певний технологічний алгоритм, який розпочинається від зародження інноваційної ідеї і завершується створенням комерційного продукту – стартапу, який необхідно навчитися презентувати потенційним інвесторам.

Інноваційним засобом, що забезпечує ефективне впровадження STEM-освіти, є *освітня робототехніка* [15; 328]. Поєднання основ робототехніки з вивченням природничо-математичних дисциплін та проектно-дослідною діяльністю значно розширює тематику навчальних

проектів, що можуть виконуватись здобувачами освіти в ЗЗСО. Наприклад, проблематика екологічних проектів може охоплювати: захист навколишнього середовища, допомогу при стихіях, збереження різновидів флори і фауни, створення сприятливих умов для людства у позаземних умовах, екоенергетика тощо. Досить цікавими є також проекти, пов'язані з технологіями створення і розвитку штучного інтелекту, обробкою великих даних, нанотехнологіями та біоінженерією, інтернетом речей та ін. Відзначимо також, що найближчим часом прогнозується перехід від «настільної» робототехніки до хмарної, за принципом IoT (інтернету речей).

Водночас відначимо, що діяльність вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах впровадження STEM-освіти не обмежується освітнім процесом у ЗЗСО, а охоплює й *позашкільну діяльність* у формі екскурсій, квестів, конкурсів, фестивалів, хакатонів, практикумів тощо.

Ефективне впровадження STEM-освіти також залежить і від *діяльності Малої академії наук* [30], яка регулярно проводить чимало заходів дослідної спрямованості, а також здійснює навчання здобувачів ЗЗСО поза межами школи, у тому числі із STEM-дисциплін. Основна мета академії – підготовка учнівської молоді до дослідної діяльності, що потребує належного рівня базових наукових знань, умінь проведення самостійних досліджень та відповідного науково-методичного забезпечення. До роботи в Малій академії наук залучаються наукові кадри, а її діяльність підтримується спільними діями науковців і вчителів (тьюторів), що забезпечує високий рівень дослідної підготовки її учнів.

Таким чином, характерними особливостями професійної діяльності вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти є:

– необхідність активного й широкого використання науково-дослідної діяльності учнів шляхом виконання різноманітних проектів, найважливішими з яких є проекти, пов'язані з освітньою робототехнікою;

– професійна діяльність вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти не обмежується викладанням природничо-математичних дисциплін в школі, а й охоплює значну позашкільну роботу (екскурсії, квести, конкурси, фестивалі, хакатони, практикуми та ін.);

– у позашкільній роботі важливу роль відіграє Мала академія наук, яка здійснює регулярне навчання дослідного спрямування за багатьма напрямками, у тому числі із STEM-дисциплін;

– виняткова важлива роль інформаційних та STEM технологій, які є всюдишними при викладанні природничо-математичних дисциплін, виконанні проєктів, а також у позашкільний час.

Водночас відзначимо, що і сам **процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін** в контексті впровадження STEM-освіти також має певні **особливості**.

По-перше, це *неможливість реалізації міждисциплінарності* до того часу, поки майбутній учитель природничо-математичних дисциплін не набуде ґрунтовних знань у тих дисциплінах, з яких відбувається інтеграція [390], тому в програмі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій базові дисципліни мають передувати всім іншим, і на їх опанування має відводитись достатньо часу.

По-друге, це *необхідність практичного досвіду*, зокрема в реалізації проєктної діяльності. Такий досвід майбутній учитель набуває в ході виконання «різноманітних вправ, шляхом самостійної роботи на лабораторних і практичних заняттях, у різних видах повторення» [182], а також через реалізацію проєктної діяльності в ході професійної підготовки, що спонукає їх замислюватися над проблемами, пов'язаними з їх навчанням [368]. Завдяки цьому майбутні вчителі здобувають досвід командної роботи та дослідного підходу до пізнання навколишнього світу, формуючи тим самим відповідні складові досліджуваної готовності.

Відтак, проєктна діяльність має «пронизувати» увесь процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

По-третє, дуже важливою є *соціалізація й адаптація* майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін у професійному колі, яка дасть йому змогу сформувати відповідну професійну поведінку, порівняти себе з іншими педагогами, а також виступить стимулом для продовження навчання. Отже, у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно забезпечити відповідну соціальну взаємодію у професійному середовищі.

По-четверте, ефективність процесу підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін цілком залежить від *рівня сформованості його ціннісно-мотиваційної сфери* [112; 182; 463]. Відтак у ході процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно створити належний мотиваційний фон, стимулюючи їх психологічну готовність до навчання, а також формуючи активно-позитивне ставлення до технологій у майбутній професійній діяльності, спираючись при цьому на наявні знання й досвід.

В основі ціннісного ставлення майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до технологій будемо дотримуватись таких орієнтирів: усвідомлення місця та ролі техніки в житті людини; ефективне використання техніки (грамотне, раціональне, своєчасне, результативне; безпечне використання (як для себе, так і для оточуючих); екологічні наслідки використання [271].

Відповідно до авторського бачення особливостей професійної діяльності вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти, а також особливостей досліджуваного феномену, процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій вважаємо за доцільне реалізувати у **п'ять етапів:**

початковий, ознайомлювальний, квазіпрофесійний, професійно-практичний та підсумковий, кожен з яких має власну мету й завдання.

Так, метою *початкового етапу* є визначення початкового стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Ознайомлювальний етап підготовки має на меті актуалізацію майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін як основних провайдерів STEM-освіти в ЗЗСО та ініціацію їх інтересу до застосування STEM технологій.

Квазіпрофесійний етап підготовки має забезпечити формування знань, умінь та ціннісно-мотиваційних орієнтирів майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, необхідних для їх подальшої професійної діяльності до застосування STEM технологій.

В основі цього етапу лежить квазіпрофесійна діяльність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, яка спрямована на формування в них ціннісних орієнтацій, об'єднаних навколо свідомого використання STEM технологій та формування цілісного розуміння майбутньої професійної діяльності. При цьому квазіпрофесійна діяльність виступає як сполучна ланка між навчальною та професійною діяльністю і характеризується формуванням у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін досвіду використання навчальної інформації в ситуаціях, що імітують професійну діяльність. Це дає можливість здобувачам освіти актуалізувати знання в контексті майбутньої професії та забезпечує їх краще засвоєння, мотивуючи їх навчатися, а також сприяє розвитку їх професійного мислення [67].

Професійно-практичний етап підготовки передбачає випробування студентів у ролі вчителів природничо-математичних дисциплін та корекцію неефективних способів поведінки щодо застосування STEM технологій.

Цей етап характеризується усвідомленням майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін цінності набутих ними знань, умінь та квазіпрофесійного досвіду для подальшої професійної діяльності в умовах STEM-освіти, а також їх пізнання власної готовності до такої діяльності. При цьому формуються потреба і можливість застосування STEM технологій у професійній діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін.

Метою *підсумкового етапу* є визначення кінцевого стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійної діяльності.

Реалізація визначеної послідовності підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності потребує визначення **організаційно-методичних засад**, які включають відповідну сукупність форм, методів (технологій) та засобів навчання.

Так, для забезпечення ефективною реалізації визначених етапів процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій ми будемо використовувати такі *форми навчання*: фронтальні, групові, індивідуальні; освітні події, лекційні, семінарські заняття, майстер-класи, а також програму самонавчання, що передбачає участь здобувачів освіти у конкурсах та фестивалях, пов'язаних із STEM-освітою.

У ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій ми будемо використовувати такі *методи (технології)*, як-от: проєктна технологія, проблемно-пошуковий, системно-діяльнісний та дослідний методи.

Основними *засобами* при цьому будуть: освітні робототехнічні конструктори, моделі, вимірювальні комплекси, електронні віртуальні лабораторії, цифрові пристрої та прилади, он-лайн сервіси підтримки STEM-освіти та ін. Разом з тим реалізація авторського задуму потребує

розробки нових інноваційних засобів навчання, пов'язаних із теоретичними і практичними аспектами підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, які будуть реалізовані у вигляді дисциплін та спецкурсів за вибором, а також майстер-класів і позанавчальної діяльності здобувачів вищої освіти. Також необхідним є оновлення змісту існуючих технічних і фундаментальних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін із зміщенням акцентів на STEM-освіту.

Авторське бачення **результатів підготовки** відтворює нашу позицію щодо *структури та змісту* **готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.**

На нашу думку, досліджувана готовність включає у себе: педагогічну й технологічну структурні складові, кожен з яких характеризують знаннєвий, діяльнісний та ціннісно-мотиваційний змістові компоненти.

Так, *педагогічна структурна складова* готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій стосується розуміння майбутнім учителем наукових і методичних засад впровадження STEM-освіти в практику ЗЗСО, його вміння реалізовувати проекти та застосовувати STEM технології у професійній діяльності. У цьому аспекті для вчителя важливо вміти організовувати роботу здобувачів освіти над проектом у групі, особливо важливо правильно спланувати роботу над проектом та поділити ролі й завдання в групі. Загалом педагогічна діяльність учителя природничо-математичних дисциплін має забезпечити формування у здобувачів освіти цілісної наукової картини світу, усвідомлення ними практичної цінності знань з математики, фізики, інженерії та інших природничо-математичних дисциплін, а також сформувані в них «м'які» вміння, необхідні для життєдіяльності в інформаційному суспільстві [470].

Технологічна структурна складова готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності стосується здатності самого вчителя опанувати технології STEM-освіти, зокрема, роботизовані конструктори та їхнє середовище програмування, вміння передбачати, з якими труднощами можуть стикатися здобувачі освіти в процесі оволодіння новими технологіями, обирати технічні засоби, які найкраще відповідають освітнім завданням, та ін.

Знанневий змістовий компонент готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності відображає знання майбутнього педагога щодо: вікових психолого-педагогічних особливостей учнів, принципів організації роботи в групі, команді, планування проєктної діяльності, особливостей застосування дослідних методів у навчанні школярів, ефективності та наслідків застосування технологій та ін.

Діяльнісний змістовий компонент готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін включає основні вміння, необхідні майбутньому вчителю для застосування STEM технологій у професійній діяльності. Насамперед це вміння, пов'язані з організацією проєктної діяльності здобувачів освіти, міжособистісного пізнавального спілкування і взаємодії, а також активне використання методів формувального оцінювання. Не менш важливими є вміння самостійно опанувати та застосовувати нові технології в професійній діяльності, планувати та проводити дослідження, а також вміння, пов'язані із виконанням інженерних завдань.

Ціннісно-мотиваційний змістовий компонент готовності відображає ціннісні орієнтири процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, які інтегрують його цінності, інтереси, прагнення та поведінку. Він охоплює цінності і норми поведінки, які пов'язані з інтеграцією

технологій і наукових досліджень в освітній діяльності, усвідомленням відповідальності за наслідки використання технологій, інтересом до технології взагалі, та STEM-освіти зокрема, а також інтересом до пошуку технологічних рішень певної проблеми.

Розроблена авторська концепція створює належне підґрунтя для побудови моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, практична реалізація якої забезпечить ефективну підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до такої професійної діяльності.

3.3. Принципи ефективного функціонування системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Забезпечення ефективного функціонування системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій в освітньому процесі потребує визначення й наукового обґрунтування сукупності принципів її реалізації.

Для виконання цього завдання визначимо сутність понять «принцип» та «принципи навчання».

Загалом поняття «принцип» походить від латинського *principium*, що дослівно перекладається як «те, від чого все походить». При цьому «принцип» враховує не тільки сутність явища, але й розкриває його основоположні властивості та окреслює напрями розвитку [277, с. 1071]. Тим самим «принцип» виступає як «ланцюг, що пов'язує закономірності феномену та діяльність» [308, с. 61]. Крім того, поняття «принцип» може набувати також значення як «основної особливості організації будь-якого процесу» [201, с. 585] та «положення, з якого необхідно починати та яким необхідно керуватися в процесі організації певної діяльності» [286, с. 309].

Поняття «принципи навчання» розглядаються як «система основних дидактичних вимог до організації навчального процесу, дотримання яких забезпечує його ефективність» [51, с. 315]. При цьому вони є основоположними ідеями, вихідними положеннями, які визначають зміст, форми і методи навчальної роботи відповідно до мети освіти й закономірностей освітнього процесу» [138, с. 97].

Таким чином, у нашому дослідженні, принципи навчання будуть розглядатися як нормативні положення, що визначають вимоги до організації діяльності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, дотримання яких забезпечує її ефективність.

При визначенні сукупності принципів організації діяльності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно врахувати вимоги, що висуваються до принципів як наукової категорії [230, с. 131], а саме:

- формулювання принципів має відбуватися з урахуванням об'єктивно існуючих педагогічних закономірностей і тенденцій розвитку досліджуваного феномену;

- усі принципи мають бути спрямовані на вирішення проблеми дослідження, при цьому визначаючи її загальний напрям, орієнтири та стратегію реалізації досліджуваного процесу;

- принципи мають виступати системотвірним фактором, що впливає на всі складові системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін і забезпечує їх функціонування як системи;

- принципи мають розкривати різні аспекти підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

- кожен принцип має доповнювати інші.

У контексті нашого дослідження цікавою є наукова позиція М.Бирка, який в залежності від ключових компонентів та етапів навчального

процесу, визначив *дванадцять принципів*, що сприятимуть ефективній реалізації STEM освіти в Україні [16]:

- мета та завдання навчання (орієнтація на практичні цілі та чіткість);
- залучення учнів (персоналізація, взаємодія та нижня лінія);
- формування вмісту навчання (взаємозв'язок, інтеграція (цілісність) та модульність);
- організація навчання (практичне навчання, технологізація, безперервність та адаптація).

На основі окресленої методології дослідження, а також виходячи з власного бачення особливостей досліджуваного феномену, ми визначили сукупність з *дванадцяти принципів*, дотримання яких сприятиме ефективній реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Визначена нами сукупність включає такі принципи:

- принцип персоналізації;
- принцип свідомої пізнавальної діяльності;
- принцип самоорганізації;
- принцип формування ціннісних орієнтацій;
- принцип співробітництва й наставництва;
- принцип діалогічності;
- принцип інтегративності (інтеграції);
- принцип трансдисциплінарності;
- принцип зв'язку навчання з життям;
- принцип значущості результатів навчання для особистості;
- принцип зворотного зв'язку;
- принцип постійного контролю.

Розглянемо ці принципи детальніше та визначимо вимоги, які вони висувають до реалізації системи підготовки майбутніх учителів

природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Так, *принцип персоналізації* в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування індивідуальних психологічних, вікових та інших особливостей (особистого досвіду, почуттів, переживань, емоцій, дій і вчинків) кожного майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін.

Відповідно до цього принципу, кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін бере активну участь у побудові персональної освітньої траєкторії відповідно до власної мети та можливостей, відчувається індивідуальністю, особистістю, яка є суб'єктом навчання [274]. При цьому увага викладачів має бути спрямована не тільки на формування знань майбутнього вчителя, а й на врахування соціальних та емоційних аспектів його особистості, надання можливості усвідомити власні «слабкі» та «сильні» сторони, окреслення напрямів особистісного розвитку та пошук свого місця в суспільстві.

Принцип персоналізації також передбачає, що спілкування та взаємодія між усіма суб'єктами професійної підготовки має відбуватися на засадах партнерства [29]. Відтак, під час проведення навчальних занять та виконання лабораторних і практичних робіт кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін має бути залучений до вивчення STEM-дисципліни відповідно до власних потреб і здібностей.

Таким чином, застосування принципу персоналізації дає змогу оптимізувати процес професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін відповідно до особистих освітніх потреб і мотивації кожного майбутнього вчителя, чим забезпечується його ефективність та результативність.

Принцип свідомої пізнавальної діяльності передбачає формування у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін свідомого

ставлення до навчання, розуміння загальної мети навчальних занять і конкретних завдань на шляху до досягнення цієї мети, а також розвиток стійкого прагнення до самопізнання й самовдосконалення. Він забезпечує осмислений і творчий підхід до опанування знань, необхідних для застосування STEM технологій у подальшій професійній діяльності.

Свідомій пізнавальній діяльності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін сприяють: роз'яснення мети і завдань навчальної дисципліни та її модулів; значення дисципліни (спецкурсу) для вирішення завдань майбутньої професійної діяльності; використання в освітньому процесі завдань, що спонукають до аналізу, синтезу, узагальнення, індукції, дедукції; створення позитивних емоцій; мотивація до навчання; використання раціональних прийомів роботи; критичний підхід до викладання матеріалу, а також забезпечення контролю і самоконтролю.

Відповідно до цього принципу, майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін не повинні бути пасивними слухачами, а мають перетворитися на зацікавлених співучасників освітнього процесу, які свідомо навчаються [181; 317].

Таким чином, врахування принципу свідомої пізнавальної діяльності у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності спрямоване на формування у майбутніх учителів свідомого ставлення до освітнього процесу як процесу пізнання навколишньої дійсності, а також свідомого розуміння ними матеріалу освітніх дисциплін програми професійної підготовки.

Принцип самоорганізації передбачає необхідність зміни в процесі підготовки ролі майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін з «того, кого навчають» на «того, хто навчається». При цьому самоорганізація майбутнього вчителя безпосередньо пов'язана з його самоосвітою – однією з найважливіших форм організації освітнього

процесу, яка відбувається без участі викладачів та керується самою особистістю.

Цей принцип тісно пов'язаний із принципом свідомої пізнавальної діяльності та зумовлений необхідністю для майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін самостійно організувати власну діяльність не тільки у ході професійної підготовки, а й у подальшій професійній діяльності. Принцип самоорганізації також детермінує необхідність самоактуалізації майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін та формування в них прагнення виявляти й розвивати свої можливості.

При цьому самоактуалізація забезпечує сприйняття особистістю майбутнього вчителя реальності, об'єктивізацію її системи оцінювання, формування здатності до саморегуляції, самоаналізу та самоконтролю в навчальній діяльності [296].

Таким чином, врахування принципу самоорганізації у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності сприяє активізації, оптимізації та вдосконаленню процесу професійної підготовки і впорядкуванню навчальних дій майбутніх учителів. При цьому ефективність освітньої діяльності кожного майбутнього вчителя переважно залежить від особистісних налаштувань та докладених зусиль.

Принцип формування ціннісних орієнтацій передбачає необхідність формування в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін відповідних ціннісних утворень, об'єднаних навколо застосування STEM технологій у майбутній професійній діяльності.

Дотримання цього принципу винятково важливе для нашого дослідження, адже саме ціннісні орієнтації відображають усвідомлене ставлення майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до подальшої професійної діяльності загалом та забезпечують їх

спрямованість до застосування STEM технологій зокрема. При цьому ціннісні орієнтації також визначають спрямованість особистості майбутнього вчителя на творче вирішення завдань професійної діяльності, а також постійне самовдосконалення та саморозвиток у галузі STEM-освіти.

Не менш важливим є те, що у свідомості особистості здобувача освіти ціннісні орієнтації і знання детермінують один одного. Тобто знання відображають предмети і явища дійсності, а ціннісні орієнтації – ставлення особистості до них. Відтак, у структурі особистості ціннісні орієнтації виступають своєрідним центром координації, що визначає її поведінку й ставлення до соціального середовища [46].

Таким чином, врахування принципу формування ціннісних орієнтацій у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності забезпечить усвідомлення здобувачами освіти домінуючої потреби в застосуванні STEM технологій, а також надасть їм змогу встановити відповідні пріоритети у ході вирішення різноманітних завдань професійної діяльності, пов'язаних і впровадженням STEM-освіти.

Принцип співробітництва й наставництва у ході досліджуваного процесу підготовки передбачає організацію міжсуб'єктних зв'язків, що включає командну роботу та забезпечення наступності в педагогічній діяльності, яка досягається шляхом обміну досвідом із застосування STEM технологій у професійній діяльності між викладачами ЗВО, досвідченими вчителями-практиками та майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін.

Відповідно до цього принципу, усі суб'єкти мають співпрацювати, становити коаліцію більш досвідченого та менш досвідченого, активно обмінюватись досвідом з особливостей практичного застосування STEM технологій на засадах партнерства, добровільності, прозорості, відкритості, рівноправності та взаємної відповідальності.

Таким чином, врахування принципу співробітництва й наставництва у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності забезпечить залучення до цього процесу на засадах партнерства досвідчених учителів-практиків, створення міжсуб'єктних зв'язків між ними та майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, а також активізує обмін досвідом в аспекті застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Принцип діалогічності у досліджуваному процесі передбачає виняткову важливість діалогу для становлення майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін.

Відповідно до цього принципу, належна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності може відбутися лише за умови діалогу з викладачами ЗВО, досвідченими вчителями-практиками шкіл та колегами – здобувачами вищої освіти. Змістом такого діалогу є обмін досвідом щодо застосування STEM технологій, а також спільне продукування нових знань у цій галузі.

Разом з тим відзначимо, що цей принцип не передбачає рівності між викладачем, вчителем-практиком та здобувачем вищої освіти, що зумовлено різницею у віці, життєвому досвіді та різними соціальними ролями [7]. Незважаючи на це, принцип діалогічності передбачає щирість, взаємну повагу й толерантність до думок інших [320].

Таким чином, врахування принципу діалогічності в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності забезпечить можливість обміну між викладачами ЗВО, вчителями-практиками ЗСО та майбутніми вчителями професійним досвідом із застосування STEM технологій та створить належну основу для розвитку майбутніх учителів

природничо-математичних дисциплін як особистостей і як майбутніх педагогів.

Принцип інтегративності (інтеграції) у досліджуваному процесі передбачає інтеграцію у зміст програми підготовки дисциплін, пов'язаних із застосуванням STEM технологій та STEM-освітою. При цьому інтеграція має бути не просто поєднанням, а взаємопроникненням двох або більше розділів STEM-дисциплін. Це забезпечить формування інтегративного погляду майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін на STEM-освіту та застосування STEM технологій у подальшій професійній діяльності.

Відповідно до цього принципу, зміст дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін має бути пов'язаний зі STEM-галуззю, її основними дисциплінами на кожному курсі навчання [16].

Органічне поєднання у змісті програми підготовки майбутніх учителів відомостей зі STEM-освіти, STEM технологій, STEM-дисциплін та інших курсів фахового та педагогічного спрямування навколо однієї теми забезпечить інтегративне сприйняття навчального матеріалу з різних його сторін, різноаспектне пізнання феномену STEM-освіти, розвиток критичного мислення та ціннісних орієнтацій, важливих для STEM-галузі.

Таким чином, врахування принципу інтегративності (інтеграції) у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності дасть змогу: усунути дублювання навчального матеріалу в ході вивчення ряду навчальних дисциплін, опанувати значний за обсягом навчальний матеріал, досягти цілісності теоретичної і практичної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, а також навчити їх застосовувати STEM технології з опорою на різні аспекти STEM-освіти.

Принцип трансдисциплінарності пов'язаний із принципом інтеграції та передбачає, що зміст підготовки майбутніх учителів природничо-

математичних дисциплін до застосування STEM технологій має виходити за межі конкретної навчальної дисципліни, пронизуючи декілька різних дисциплін, що дасть змогу переносити знання з однієї дисципліни в іншу.

Реалізація цього принципу пов'язана з необхідністю формування в майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін *метапредметного бачення* дисциплін STEM-галузі, яке є ключовим для STEM-освіти та застосування STEM технологій. Для формування метапредметного бачення у процесі підготовки майбутніх учителів необхідно застосовувати такі методи, як: аналіз, синтез, узагальнення, визначення, розподіл, класифікація та ін. При цьому в змісті дисциплін необхідно забезпечити: перехід від простих тем до складних, від конкретних – до загальних і, навпаки; проведення теоретичних занять перед практичними; методично обґрунтоване чергування теоретичних і практичних занять; комплексне застосування знань під час виконання різноманітних завдань.

Таким чином, врахування принципу трансдисциплінарності в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій забезпечує ефективне формування метапредметного бачення STEM-освіти та STEM-дисциплін як фундаменту для ефективного застосування STEM технологій у подальшій професійній діяльності.

Принцип зв'язку навчання з життям передбачає, що зміст підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій має співвідноситись з вимогами до фахівців у реальному житті.

Відповідно до цього принципу, під час розробки будь-якої програми будь-якої дисципліни підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до її змісту необхідно включити теми, спрямовані на формування вмінь, затребуваних у XXI ст. [470], топ-10 яких включає:

1. Вирішення складних завдань (Complex Problem Solving).

2. Критичне мислення (Critical Thinking).
3. Творчість (Creativity).
4. Керування людьми (People Management).
5. Координація з іншими (Coordinating with Others).
6. Емоційний інтелект (Emotional Intelligence).
7. Судження та прийняття рішень (Judgment and Decision Making).
8. Орієнтація на обслуговування (Service Orientation).
9. Переговори (Negotiation).
10. Пізнавальна гнучкість (Cognitive Flexibility).

Водночас, формуючи цей зміст, необхідно враховувати основні завдання освітнього процесу у вищій школі, конкретні завдання професійної підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін, а також реальні навчальні можливості здобувачів вищої освіти.

Таким чином, врахування принципу зв'язку навчання з життям у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій забезпечує врахування у змісті підготовки вимог реального життя, що висуваються до фахівців у XXI ст.

Принцип значущості результатів навчання для особистості передбачає, що очікувані результати і мета підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій мають включати в себе індивідуально значущі для кожного здобувача вищої освіти освітні результати.

Відповідно до цього принципу, кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін прагне індивідуальних досягнень в освітній діяльності, оскільки саме персональні досягнення забезпечують сенс будь-якої діяльності та реалізацію однієї з основних потреб – бути успішним у навчанні, професійній діяльності та в житті. Не менш важливим є те, що задоволення цієї потреби особистості сприяє її

самоактуалізації, самоствердженню, підвищенню рівня самооцінки та в цілому забезпечує гуманізацію процесу професійної підготовки.

Для реалізації цього принципу необхідне створення для майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін різноманітних ситуацій успіху, у яких вони зможуть пережити стан радості і задоволення від досягнення або перевершення очікуваного результату [163].

Найбільш ефективними для цього є використання проблемних ситуацій, вирішення яких дасть змогу здобувачу вищої освіти відчувати свою причетність до того, що відбувається на занятті, а також підвищити міцність і дієвість засвоєних ним знань. Більш комплексним інструментом для створення ситуацій успіху є проектна технологія, яка спрямована на застосування майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін наявних фактичних знань та набуття ними нових знань.

Таким чином, врахування принципу значущості результатів навчання для особистості в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій забезпечує підвищення мотивації до навчання, дає змогу здобувачу отримати задоволення від освітньої діяльності, стимулює його до високої результативності навчання, усуває тривожність, невпевненість та занижену самооцінку, розвиває ініціативність, креативність та активність, а також стимулює його самоорганізацію й самореалізацію.

Принцип зворотного зв'язку передбачає необхідність отримання своєчасної інформації про результати підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у формі оцінки, документів та результатів діагностики.

Реалізація цього принципу дає змогу викладачам ЗВО визначити правильність власних дій у ході викладання, отримати інформацію про відповідність професійної підготовки очікуванням майбутніх учителів, виявити ускладнення, що виникають у них у ході навчання, а також

«слабкі місця» і прогалини їх підготовки до застосування STEM технологій.

Зворотний зв'язок у професійній підготовці виконує не тільки змістову, а й емоційну функції. Змістова функція визначає досягнення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін певних результатів підготовки відповідно до заданих критеріїв оцінювання, а емоційна функція дає можливість визначити їх настрій у ході навчання і в разі необхідності усунути негативні тенденції розвитку взаємовідносин між суб'єктами підготовки.

Для забезпечення зворотного зв'язку в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій доцільно застосовувати анонімне анкетування та рефлексію.

Зокрема, анонімне анкетування проводять або на останньому занятті або після модульного контролю. Таке анкетування дає багато інформації щодо ефективності обраних методів викладання, задоволеності здобувачів освіти навчальним процесом та його результатами впродовж семестру, а також щодо рівня досягнення мети навчання та очікуваних результатів. Результати анкетування беруть до уваги, однак не як остаточну оцінку, яку дають роботі викладача майбутні вчителі [279]. У ході рефлексії, яка здійснюється постійно в ході підготовки, кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін здійснює аналіз того, що відбувається, і робить з цього власні висновки. Рефлексія допомагає майбутньому вчителю досягти адекватної самооцінки, підвищити рівень самоорганізації й самомотивації.

Таким чином, врахування принципу зворотного зв'язку в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій допомагає зрозуміти характер труднощів, прогалин та «слабких місць» у цій підготовці, визначити причини їх появи, що дає змогу відкорегувати весь процес професійної підготовки.

Принцип постійного контролю передбачає необхідність здійснення викладачами, методистами та кураторами, які працюють з майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, регулярних і неперервних діагностичних дій.

Процес контролю складається з трьох основних елементів: установлення стандартів; зіставлення досягнутих результатів із установленими стандартами; дії *[].

Відповідно до цього принципу, у процесі професійної підготовки необхідно оцінювати не тільки рівень знань і вмінь, а й рівень сформованості інших професійно значущих особистісних характеристик, що становлять основу готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Такий контроль дасть змогу не лише отримати інформацію щодо початкового стану і підсумкових результатів досліджуваного процесу підготовки, а й простежити за поточними результатами. Відзначимо, що принцип постійного контролю тісно пов'язаний із принципом зворотного зв'язку.

Цей принцип детермінує необхідність розробки відповідних діагностичних засобів, що забезпечать визначення рівня готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій за відповідними складовими її змісту.

Таким чином, урахування принципу постійного контролю в процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій показує хід виконання системою намічених завдань, дає змогу усунути відхилення та забезпечує адаптацію до змін.

Вважаємо, що реалізація комплексу вищенаведених принципів дасть змогу на практиці реалізувати ефективну систему підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

3.4. Перспективи організації професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з використанням математичних моделей

Вельми перспективним шляхом організації професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін є використання математичних моделей, що піддаються алгоритмізації, контролю, аналізу та корекції і забезпечують високий рівень індивідуалізації навчання [38].

В основі такого математичного моделювання лежить можливість вставлення числових характеристик окремих дидактичних понять (вчасність, успішність, послідовність) навчального процесу, що забезпечує формалізацію діяльності викладача і студента.

Для кращого розуміння сутності цього концепту наведемо приклад застосування математичного моделювання при проведенні лабораторної роботи по створенню студентом навчального проєкта. Розглянемо спочатку найпростіший випадок, коли у групі один студент.

У рамках діючих організаційних форм, традиційних для вищої освіти, будемо використовувати такі поняття як «лекція», «лабораторна робота».

Завдання роботи:

визначити теоретичні засади створення простого електричного контуру;

змістовно розкрити характеристики світлодіодів і резисторів та знати принципи їх підключення;

засвоїти принципи керування світлодіодами у програмному середовищі.

Сформувані вміння:

створювати та тестувати базові моделі підключення світлодіодів та резисторів;

створювати програмний код для керування мерехтінням світлодіода;

модифікувати і розширювати можливості застосування світлодіодів у техніці.

За час виконання проєкту студенти мають засвоїти як теоретичний матеріал, так і набути практичні навички (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Прогнозовані компетентності за дисциплінами

	Теоретична підготовка	Практична підготовка
Наука (фізика)	Знання з розділу «Електрика» Знання фізичних параметрів пристроїв	Уміння створювати електричний контур Уміння працювати з електронними приладами Уміння визначати параметри пристроїв
Технології (робототехніка, програмування)	Знання з технологій кодування сигналів Знання з розділів «лінійні програми», «цикли»	Навички з написання лінійних програм Навички з написання програм з циклами
Інженерія (конструювання)	Знання з розділу «Механіка»	Створення діючої конструкції
Математика	Модель контуру струму	Уміти робити розрахунок параметрів

Виконання кожного етапу проєкту фіксується програмою підтримки цієї роботи, складовою частиною якої є відповідна модель.

Як правило, викладач заняття проводить за наступним планом:

- постановка проблемного питання, актуалізація опорних знань;
- формулювання завдання дослідження, пояснення викладачем теоретичного матеріалу (принцип дії світлодіода та його конструкція, допоміжні матеріали та обладнання), паралельно з демонстрацією необхідних для виконання завдання дій;
- планування роботи дослідження, ознайомлення студента з планом виконання завдання (складається самостійно, або з допомогою викладача);
- реалізація плану дій, виконання студентом завдання під керівництвом викладача;
- виконання додаткових завдань студентом самостійно;

– тестування завдання та виправлення помилок, спільно з викладачем;

– оцінка роботи студента викладачем та прийняття рішення про необхідність додаткового пояснення та повторного виконання студентом лабораторного завдання.

Під час актуалізації опорних знань та пояснення викладача студент знайомиться з окремими базовими поняттями різних дисциплін, що використовуються при виконанні завдання:

Фізика – струм, електричний ланцюг, послідовне з'єднання, елементи живлення, світло, резистор, світлодіод.

Інформатика – константи, змінні, лінійні програми, цикли, розгалуження, цифрові та аналогові пристрої.

Інженерія – надійність конструкцій.

Математика – площа основи, об'єм фігури, системи числення, пропорції.

Викладач знайомить студента з платою Arduino:

– з необхідними елементами для збору схеми: макетна плата, дроти, плата;

– з порядком простого підключення світлодіода до живлення.

У цій частині роботи максимум активності проявляє викладач. Він демонструє студенту поетапно повний цикл виконання завдання.

Після пояснення викладач видає студенту завдання на самостійне виконання. Спочатку він виконує його під керівництвом та при допомозі викладача. Після цього студент повинен самостійно виконати додаткові завдання. З метою контролю активності його самостійна робота розбита на окремі фрагменти, і викладач контролює якість їх виконання. Схему логічних зв'язків між об'єктами та суб'єктами при виконанні завдання зображено на рис. 3.1.

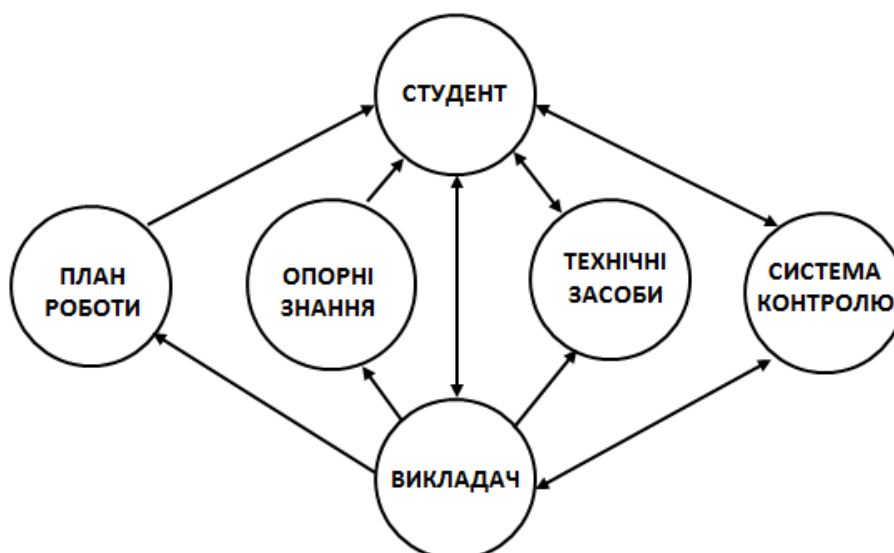


Рис. 3.1. *Схема логічних зв'язків при виконанні завдання*

Після самостійного виконання студентом кожного завдання викладач разом зі студентом тестують створену модель, аналізують та виправляють помилки, що допущені при її складанні.

Протягом виконання завдання дані про хід його виконання (хронометраж, кількість помилок і таке подібне) фіксується і заносяться у програму. По закінченні процесу виконання роботи програма надає оцінку роботи студента та рекомендації з корекції навчального процесу для покращення результатів навчання.

На кожному з етапів практичної роботи передбачається для студента і викладача виконання кожним з них певних невеликих (елементарних) завдань, які повинні виконуватись послідовно, і після їх успішного виконання увесь етап роботи вважається виконаним для студента та викладача.

Зупинимось детальніше на взаємодії викладача, студента та комп'ютера під час навчального процесу. Вважається, що попередньо розроблена комп'ютерна програма адаптована до діючого навчального процесу, тобто містить перелік і зміст завдань та необхідні числові параметри для кожної з них, списки студентів та їх розбиття на групи. Блок-схема описаного вище навчального процесу зображена на рис. 3.2.

Блок «Початок» передбачає активізацію та ініціалізацію інтерфейсу, що відповідає даному завданню і навчальній групі. Програма самостійно встановлює бажані вхідні значення (образ) для цієї роботи, а викладач, у разі необхідності, може їх скорегувати або вибравши новий образ із попередньо підготовленого набору образів, або змінивши вручну окремі значення запропонованого образу.

Блок «Лекція» передбачає роботу викладача з актуалізації опорних знань здобувача вищої освіти, ознайомлення його з теоретичними відомостями, що необхідні для виконання завдання, демонстрації і опису технічних засобів та відповідної елементної бази, правилами безпеки при виконанні роботи. Після цього викладач демонструє виконання роботи, супроводжуючи роботу необхідними поясненнями. На цьому етапі викладач працює найбільш активно, студент повторює ці дії. Фактично, цей етап можна кваліфікувати як «лекція-інструктаж».

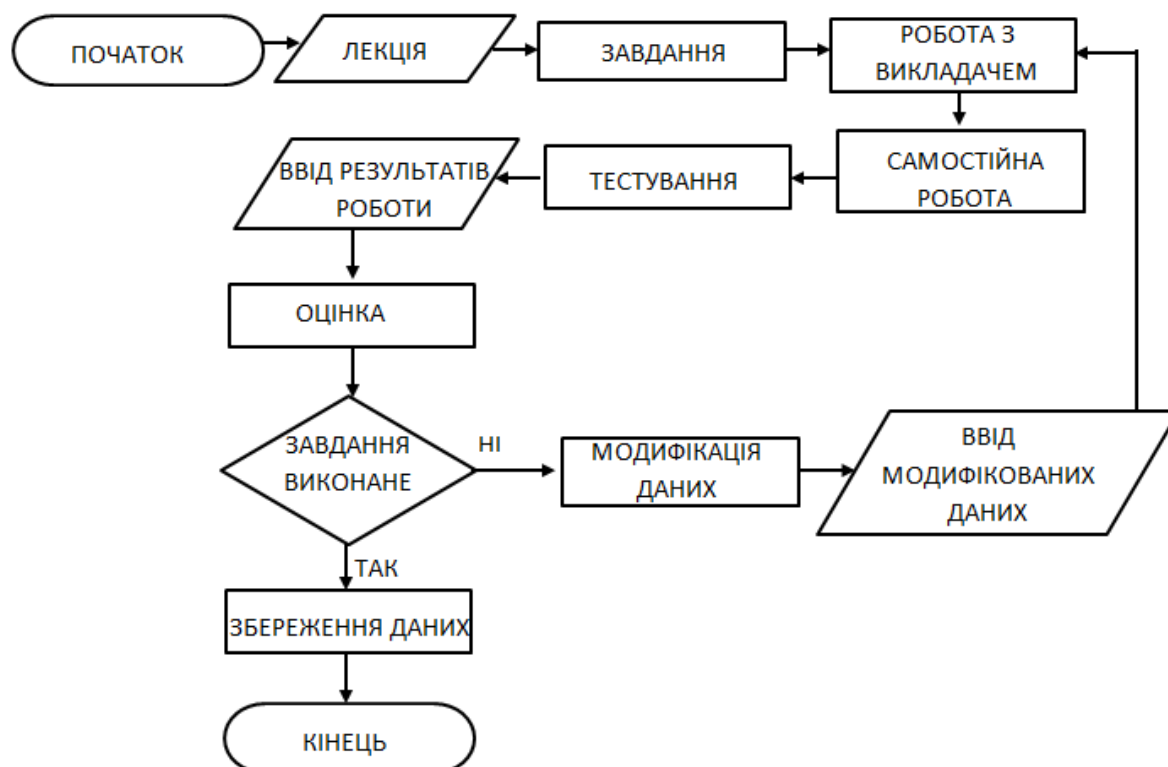


Рис. 3.2. Блок-схема навчального процесу при виконанні завдання

Блок «Завдання» передбачає ознайомлення здобувача вищої освіти з планом виконання проєкту та переліком завдань для самостійної роботи.

Блок «Робота з викладачем» передбачає виконання завдань проєкту при допомозі викладача. На цьому етапі активність роботи здобувача вищої освіти і викладача приблизно однакові.

Блок «Самостійна робота» передбачає виконання завдань проєкту студентом без допомоги викладача. Цей етап є важливим для встановлення рівня засвоєння матеріалу студентом, оцінювання його роботи та отримання рекомендацій щодо подальшої роботи по даному проєкту. Викладач спостерігає за виконанням студентом окремих частин плану роботи та фіксує результати цього виконання.

Блок «Тестування» передбачає спільну роботу студента і викладача з перевірки функціонування зібраної моделі, відповідності параметрів її функціонування поставленим завданням у проєкті. У цьому ж блоці аналізуються помилки, що могли виникнути під час виконання проєкту. У цьому блоці активність роботи викладача така ж, як активність роботи студента.

Блок «Ввід результатів роботи» передбачає внесення викладачем у програму усіх фактичних значень числових характеристик за кількістю та характером допущених здобувачем вищої освіти помилок та успішно виконаних завдань, за активністю та часом, що затрачений на виконання різних етапів роботи, як викладачем так і студентом.

Блок «Оцінка» передбачає розрахунок та ініціалізацію програмою оцінки роботи студента, у відповідності до заданих у програмі критеріїв.

Блок умовного переходу «Завдання виконане» аналізує відхилення отриманих вихідних даних від бажаних. У разі досягнення бажаного результату дається рекомендація про завершення роботи, а у разі незадовільного результату дається рекомендація про подальшу роботу зі здобувачем вищої освіти по даному проєкту, і відбувається перехід до блоку «Модифікація даних».

Блок «Модифікація даних» працює автоматично, використовуючи базові параметри даного проєкту, вхідні та вихідні дані, що внесені викладачем. Модель, що вбудована у комп'ютерну програму, на підставі вихідних даних розраховує з використанням «методу градієнта» поправки до вагових коефіцієнтів. Ці поправки виводяться у вигляді рекомендацій по зміні часових проміжків, активності викладача і студента на різних етапах виконання проєкту.

Блок «Ввід модифікованих даних» працює також автоматично, при цьому формуються нові вагові коефіцієнти моделі для заданих вхідних даних. Після повідомлення про внесення поправок і готовності програми до повторної роботи викладач розпочинає роботу зі студентом за новим запропонованим планом.

Блок «Збереження даних» призначений для збереження у пам'яті програми вагових коефіцієнтів, що відповідають досягненню бажаних значень виходів моделі для даного образу. У подальшому робота програми з цим образом буде розпочинатись саме з цього збереженого у пам'яті набору синаптичних зв'язків.

Блок «Кінець» відповідає стандартній процедурі завершення роботи програми: формування підсумкового журналу (протоколу) роботи, збереження даних, закриття збережених файлів і таке інше.

В основі математичного моделювання освітнього процесу професійної підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін лежить поняття про елементарне завдання. Наведемо опис цього поняття.

Розглянемо деяке навчальне (педагогічне, виховне і таке інше) завдання. Позначимо це завдання через Z . Припустимо, що завдання Z можна виконати лише тоді, коли послідовно виконати k простіших завдань z_i ($i = 1, \dots, k$), з якими виконавець (здобувач освіти, викладач і таке інше) знайомий, і успішне виконання яких забезпечується попередньою підготовкою виконавця. Припустимо, що є можливість встановити

(заміряти) час виконання кожного із завдань Z_i , а в результаті виконання можна встановити: виконане кожне із завдань Z_i чи не виконане. Якщо виконані усі вищеперераховані умови, то завдання z_i ($i = 1, \dots, k$) будемо називати елементарними завданнями для завдання Z .

Наведене вище означення елементарного завдання, за своєю природою, дещо нагадує означення класичної ймовірності випадкової події через повну групу елементарних подій. Ця схожість дає можливість перенести багато властивостей класичної ймовірності на випадок елементарних завдань. Однак, є й певні відмінності у цих поняттях. Зокрема, усі елементарні події є рівно ймовірними, що, як буде показано нижче, не завжди виконується для елементарних завдань. Крім того, для елементарних подій несуттєвим є порядок їх виконання, а елементарні завдання слід виконувати у певному порядку, інакше завдання Z може бути не виконане.

Кожному з елементарних завдань можна поставити у відповідність його «вагу» для завдання Z . Якщо позначити через $T(Z)$ час, що необхідний для його успішного виконання, а через $T(z_i)$ – час, що необхідний для успішного виконання елементарного завдання z_i ($i = 1, \dots, k$), то «вагою» елементарного завдання z_i для завдання Z будемо називати число

$$\frac{T(z_i)}{T(Z)}.$$

При виконанні завдання Z повинна виконуватись умова вчасного його виконання:

$$T(Z) = \sum_{i=1}^k T(z_i).$$

Кожне з елементарних завдань z_i для завдання Z можна характеризувати ще одним параметром, значення якого встановлюється лише після його виконання – «успішність» виконання. Хоча й передбачається, що елементарне завдання знайоме виконавцю, і він повинен його успішно виконати, однак, з ряду причин, об'єктивних і суб'єктивних, елементарне завдання може бути невиконане, або виконане неправильно. Це вплине на виконання усього завдання Z . Позначимо через $U(Z)$ результат виконання завдання Z , а через $U(z_i)$, відповідно, результат виконання елементарного завдання z_i . Функція U набуде лише два значення – 0, якщо відповідне завдання не виконане, або 1, якщо воно успішно виконане. Тепер можна встановити числову умову виконання завдання Z . Для цього кожне з елементарних завдань z_i ($i = 1, \dots, k$) повинно бути виконане:

$$\prod_{i=1}^k U(z_i) = 1.$$

Таким чином, для успішного виконання завдання Z необхідне виконання обох умов: успішного і вчасного виконання усіх його елементарних завдань.

Якщо вважати, що виконання завдання Z завжди розпочинається з виконання елементарного завдання z_1 , то умовою послідовного виконання усіх елементарних завдань можуть служити співвідношення:

$$U(z_1) = 1, U(z_i) \cdot U(z_{i+1}) = 1 \quad (i = 1, \dots, k - 1),$$

які потрібно перевіряти після виконання кожного з елементарних завдань. Якщо окремі елементарні завдання не потребують обов'язкової послідовності виконання, то їх слід виділити в окреме завдання.

Отже, реалізація виконання усіх трьох наведених вище умов: вчасність, успішність і послідовність виконання усіх елементарних завдань

для завдання Z є необхідними і достатніми умовами успішного виконання завдання Z . Тепер ці умови можна записати в аналітичній формі:

$$\left\{ \begin{array}{l} T(Z) = \sum_{i=1}^k T(z_i); \\ \prod_{i=1}^k U(z_i) = 1; \\ U(z_1) = 1, U(z_i) \cdot U(z_{i+1}) = 1 \quad (i = 1, \dots, k-1). \end{array} \right.$$

Ці умови мають бути покладені в основу математичної моделі навчального процесу. Слід зауважити, що завдання, яке успішно виконане, може використовуватись у подальшому як елементарне для більш складного завдання. Зрозуміло, що час, який відведений для виконання завдання, повинен мати певні допустимі (незначні у порівнянні із запланованим часом) відхилення, як у сторону збільшення, так і в сторону зменшення. Ці відхилення слід враховувати при побудові математичної моделі конкретного навчального процесу.

Проте відмітимо, що успішне виконання значною мірою залежить від активності виконавця. Це характеристика, яка досить складно піддається моделюванню. Однак, метод елементарних завдань дає можливість оцінити її, встановивши відповідне числове значення. Активність виконавця можна визначити, якщо розбити основне завдання на певну кількість елементарних завдань, і контролювати їх виконання, у відповідності до встановлених часових критеріїв. Для цього введемо наступні позначення.

Нехай для успішного виконання завдання Z потрібно виконати N елементарних завдань. Позначимо через $N^{(+)}$ кількість елементарних завдань, що успішно виконані, і через $N^{(-)}$ – кількість невиконаних елементарних завдань. При цьому має виконуватись рівність:

$$N = N^{(+)} + N^{(-)},$$

тобто кожне елементарне завдання або виконане, або не виконане.

За активність $A(Z)$ виконавця під час виконання основного завдання Z приймемо відношення кількості виконаних елементарних завдань до кількості усіх елементарних завдань:

$$A(Z) = \frac{N^{(+)}}{N}.$$

Таке означення активності виконавця, фактично, є аналогом означення класичної ймовірності випадкової події, що дорівнює відношенню кількості елементарних випадкових подій, що сприяють появі цієї випадкової події, до загальної кількості випадкових елементарних подій, що складають повну групу елементарних подій. Дійсно, активність, як і класична ймовірність, задовольняє нерівності:

$$0 \leq A(Z) \leq 1.$$

При цьому, якщо не виконане ні одне з елементарних завдань, то виконується рівність: $A(Z) = 0$, якщо ж завдання виконане успішно, то виконується рівність: $A(Z) = 1$.

Слід зауважити, що успішність виконання елементарних завдань та послідовність їх виконання не повинні впливати на активність виконавця. Порухення ним цієї послідовності повинно враховуватись по завершенні виконання усього завдання Z , при аналізі та оцінці роботи виконавця. Цю вимогу можна сформулювати як неперервність навчального процесу.

До цього часу ми розглядали лише одного виконавця завдання. Однак, у навчальному процесі можуть брати участь декілька виконавців, причому вони можуть виконувати як спільні завдання, так і окремі. Модель виконання окремого завдання одним виконавцем була розглянута нами вище. Припустимо тепер, що завдання Z , з елементарними завданнями z_i ($i = 1, \dots, N$), виконують m виконавців. Позначимо через $N^{(+)}$ кількість успішно виконаних елементарних завдань, а через $N_j^{(+)}$

$(j = 1, \dots, m)$ позначимо кількість елементарних завдань, що успішно виконані j -м виконавцем. У цьому випадку слід дотримуватись наступних умов.

1. Кожне елементарне завдання виконує лише один виконавець, і лише один раз, тобто, повинна виконуватись рівність:

$$N^{(+)} = \sum_{j=1}^m N_j^{(+)}.$$

2. Виконавців не повинно бути більше, ніж елементарних завдань z_i ($i = 1, \dots, N$) для завдання Z , тобто, повинна виконуватись нерівність: $m \leq N$.

Поточний контроль знань, що здійснюється на усіх етапах навчання, дозволяє провести діагностику, коректування та удосконалення знань, умінь і навичок, забезпечує стимулювання і мотивацію учіння. Описаний вище метод елементарних завдань дає можливість оцінити роботу виконавця за виконання завдання Z . На нашу думку, позитивну оцінку виконавець може отримати навіть при невиконаному успішно цьому завданні. Визначальним тут повинна бути активність виконавця, оскільки оцінка роботи має заохочувати виконавця та показувати прогрес у навчанні.

Відповідним додатним множником γ (множником оцінки) можна встановити оцінку $O_v(Z)$ роботи за виконання завдання Z виконавцем v , попередньо масштабувавши цей множник у відповідності до встановленої системи оцінок. Наприклад, якщо всі елементарні завдання мають приблизно однакову вагу, то можна використати наступне значення оцінки виконання завдання Z :

$$O_v(Z) = \gamma A_v(Z),$$

де $A_v(Z)$ – активність виконавця v при виконанні завдання Z .

В іншому випадку, коли елементарні завдання значно відрізняються за вагою, то у залежності від ваги кожного з елементарних завдань та результату його виконання, можна встановити іншу рівність для оцінки виконання елементарного завдання z_i . Наприклад, для випадку 100-бальної системи оцінювання можна покласти: $\gamma = 100$. Тоді за оцінку успішного і вчасного виконання елементарного завдання z_i для завдання Z можна взяти число:

$$O_v(z_i) = \gamma \frac{T(z_i)}{T(Z)} U(z_i) = 100 \frac{T(z_i)}{T(Z)} U(z_i).$$

Загальна оцінка виконання завдання Z буде формуватися як сума оцінок за кожне з елементарних завдань z_i для завдання Z :

$$O_v(Z) = \frac{\gamma}{T(Z)} \sum_{i=1}^k T(z_i) U(z_i) = \frac{100}{T(Z)} \sum_{i=1}^k T(z_i) U(z_i).$$

З цієї рівності випливає, що при успішному і вчасному виконанні всіх елементарних завдань виконавець отримає оцінку у 100 балів. Якщо ж якесь із елементарних завдань не виконане, то воно не приносить позитивної оцінки у загальну оцінку. Таким чином, оцінка роботи виконавця напряму пов'язана з його активністю під час виконання завдання Z .

Зрозуміло, що фактичний час виконання окремого елементарного завдання, або усього завдання, у більшості випадків, буде відрізнятися від запланованих значень. У цьому випадку можна зробити поправку оцінки на величину, яка пропорційна допустимому відхиленню відповідного параметра – збільшити її у разі, коли фактичний час виконання менший, ніж запланований, або зменшити у протилежному випадку. При цьому потрібно слідкувати за тим, щоб фактичний час виконання елементарного завдання і усього завдання не перевищував встановлених допустимих значень відхилення від планових значень відповідного параметра.

Розглянемо детальніше цей випадок. Для цього введемо додаткові позначення. Через $t(z_i)$ і $t(Z)$ позначимо, відповідно, фактичний час виконання елементарного завдання Z_i і усього завдання Z .

Крім того, через $\Delta T(z_i)$ і $\Delta T(Z)$ позначимо абсолютну величину допустимого відхилення фактичного значення від планового для відповідного параметра. У якості такої величини можна взяти, наприклад, добуток сталого, додатного, меншого від одиниці множника на величину відповідного параметра. Розглянуті значення повинні задовольняти наступним умовам:

– фактичний час виконання завдання Z не повинен відрізнятись від запланованого більше, ніж на заплановане відхилення цього параметра:

$$|T(Z) - t(Z)| \leq \Delta T(Z);$$

– фактичний час виконання елементарного завдання Z_i не повинен відрізнятись від запланованого більше, ніж на заплановане відхилення цього параметра:

$$|T(z_i) - t(z_i)| \leq \Delta T(z_i),$$

– збільшений на виконанні деякого елементарного завдання час зменшує час на виконання інших елементарних завдань:

$$T(Z) + \Delta T(Z) \geq \sum_{i=1}^k (T(z_i) + \Delta T(z_i));$$

– зменшений на виконанні деякого елементарного завдання час збільшує час на виконання інших елементарних завдань:

$$T(Z) - \Delta T(Z) \leq \sum_{i=1}^k (T(z_i) - \Delta T(z_i)).$$

При виконанні сформульованих вище обмежень заплановану оцінку за виконання елементарного завдання Z_i можна змінити на величину:

$$\gamma \frac{T(z_i) - t(z_i)}{T(Z)}.$$

Остаточна оцінка за виконання елементарного завдання Z_i , у цьому випадку, буде обчислюватись за формулою:

$$\begin{aligned} O_v(z_i) &= \gamma \left(\frac{T(z_i)}{T(Z)} + \frac{T(z_i) - t(z_i)}{T(Z)} \right) U(z_i) = \\ &= \gamma \frac{2T(z_i) - t(z_i)}{T(Z)} U(z_i). \end{aligned}$$

Таким чином, у разі збільшення часу на виконання елементарного завдання Z_i , у порівнянні із запланованим, оцінка за його виконання буде зменшуватись пропорційно до відхилення, а у разі зменшення – збільшуватись. Аналогічний вигляд має формула для корекції оцінки за виконання усього завдання Z :

$$O_v(Z) = \frac{\gamma}{T(Z)} \sum_{i=1}^k (2T(z_i) - t(z_i)) U(z_i).$$

Якщо при обчисленнях оцінки результатом є дробове число, то його заокруглюють за звичайними правилами заокруглення дійсних чисел.

При використанні корекції оцінки потрібно слідкувати за допустимими межами її зміни.

Наприклад, для 100-бальної шкали оцінок, що використовується у закладах вищої освіти, перебачено окремі числові проміжки для її переведення на національну шкалу оцінок. Ці проміжки можна взяти за основу при використанні корекції оцінки. Середину кожного проміжку можна вибрати за базову оцінку, що відповідає цьому проміжку у національній шкалі оцінок. Тоді корекція оцінки буде відбуватись у межах відповідного проміжку 100-бальної шкали (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Розподіл корекції оцінки за 100-бальною шкалою

Національна система оцінок		ECTS	100-бальна система оцінок	Базова оцінка	Абсолютна величина відхилення
залік	екзамен				
не зараховано	незадовільно	F	1–34	17,5	16,5
		FX	35–59	47	12
зараховано	задовільно	E	60–63	61,5	1,5
		D	64–73	68,5	4,5
	добре	C	74–81	77,5	3,5
		B	82–89	85,5	3,5
	відмінно	A	90–100	95	5

З наведених вище міркувань випливає, що для здійснення оперативного контролю за навчальним процесом необхідно контролювати хід виконання кожного елементарного завдання. Для його контролю ми виділили два числових параметри. Один з них – результат виконання елементарного завдання. Цей параметр носить дискретний характер, і може приймати одне з двох різних числових значень, наприклад, 0 і 1 («виконано» або «не виконано»). Інший параметр – час виконання елементарного завдання. Цей параметр носить аналоговий (неперервний) характер, і може приймати будь-яке числове значення (в межах виділеного на навчальний процес часу). Якщо навчальний процес неперервний, то фіксацію часу виконання елементарного завдання можна звести до фіксації моменту часу, що відділяє виконання двох послідовних елементарних завдань.

Відмітимо, що робота моделі має бути спрямована на пошук оптимального графіка навчального процесу, при якому поставлене завдання (бажані вихідні дані) буде досягнуто.

Визначимо головні параметри навчального процесу, їх допустимі та бажані значення, величину допустимих відхилень фактичних значень параметрів від бажаних. Чисельно оцінити можна, наприклад,

оптимальний (бажаний) час на виконання певного завдання. Фактичний час його виконання буде залежати, зокрема, від активності роботи виконавця над цим завданням. Іншими словами, потрібно побудувати математичну модель навчального процесу. Така модель представлена нижче.

Для того, щоб увести числове значення активності виконавця, розглянемо певне основне завдання Z , поставлене перед ним. Припустимо, що для його виконання потрібно виконати N елементарних завдань ($N = 1, 2, \dots$). Позначимо через $N^{(+)}$ кількість елементарних завдань що виконані без помилок, і через $N^{(-)}$ – кількість невиконаних елементарних завдань. При цьому має виконуватись рівність: $N = N^{(+)} + N^{(-)}$. За активність $A(Z)$ виконавця під час виконання основного завдання Z приймемо відношення кількості виконаних елементарних завдань до кількості усіх елементарних завдань:

$$A(Z) = \frac{N^{(+)}}{N}.$$

Таким чином, означену активність виконавця можна визначити, розбивши основне завдання на певну кількість елементарних завдань і контролюючи їх виконання, у відповідності до встановлених часових критеріїв.

Розглянемо випадок спільної роботи двох виконавців при виконанні основного завдання. Якщо через $A_s(Z)$ позначити активність здобувача вищої освіти, а через $A_t(Z)$ активність викладача під час виконання основного завдання Z , то має виконуватись рівність: $A(Z) = A_s(Z) + A_t(Z)$. Це означає, що вони не можуть повторно виконувати одне і те ж елементарне завдання по черзі або одночасно. Після його виконання потрібно переходити до наступного елементарного завдання.

У подальшому, при виконанні більш складних завдань, засвоєні основні завдання можна вважати елементарними. Такий підхід дозволяє розробляти та виконувати модульні завдання значної складності, та підключати до їх виконання додаткових виконавців. Активність викладача, у випадку виконання основного завдання декількома здобувачами вищої освіти, має розподілятися між ними у відповідності до рекомендованих моделлю індивідуальних значень активності.

Для кожного завдання мають бути визначені сталі параметри роботи, які не змінюються під час його виконання, а також змінні параметри, модифікацію яких розраховує модель, або змінює сам викладач. До сталих параметрів можна віднести, наприклад, бажаний час виконання завдання, максимальну кількість операцій модифікації даних, максимальні значення абсолютних відхилень фактичних значень виходів від бажаних. До змінних параметрів можна віднести час виконання елементарних завдань, час виконання основного завдання, активність здобувача вищої освіти та викладача.

Введемо позначення основних параметрів, що повинні контролюватись під час виконання кожного з етапів лабораторної роботи.

T – час, за який потрібно виконати основне завдання лабораторної роботи (час виконання лабораторної роботи здобувачем вищої освіти і викладачем);

ΔT – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру T ;

t – фактичний час виконання лабораторної роботи;

L – час, відведений на проведення лекції;

ΔL – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру L ;

l – фактичний час проведення лекції;

$L^{(i)}$ – час, відведений на лекції по i -му елементарному завданню для здобувача вищої освіти;

$\Delta L^{(i)}$ – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру $L^{(i)}$;

$l^{(i)}$ – фактичний час лекції по i -му елементарному завданню для здобувача вищої освіти;

P – час, відведений на пояснення здобувачеві вищої освіти основного завдання (час спільної роботи зі здобувачем вищої освіти);

ΔP – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру P ;

p – фактичний час пояснення;

$P^{(i)}$ – час, відведений на пояснення здобувачеві вищої освіти i -го елементарного завдання;

$\Delta P^{(i)}$ – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру $P^{(i)}$;

$p^{(i)}$ – фактичний час пояснення i -го елементарного завдання;

V – час, відведений на самостійне виконання здобувачем вищої освіти основного завдання;

ΔV – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру V ;

v – фактичний час самостійного виконання здобувачем вищої освіти основного завдання;

$V^{(i)}$ – час, відведений на виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання;

$\Delta V^{(i)}$ – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру $V^{(i)}$;

$v^{(i)}$ – фактичний час самостійного виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання;

R – час, відведений на тестування основного завдання;

ΔR – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру R ;

r – фактичний час тестування основного завдання;

$R^{(i)}$ – час, відведений на тестування i -го елементарного завдання;

$\Delta R^{(i)}$ – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру $R^{(i)}$;

$r^{(i)}$ – фактичний час тестування i -го елементарного завдання;

N_s – кількість усіх елементарних завдань, які повинен виконати здобувач вищої освіти;

$N_s^{(+)}$ – кількість усіх елементарних завдань виконаних здобувачем вищої освіти;

$N_s^{(l)}$ – кількість елементарних завдань, які повинен виконати здобувач вищої освіти під час лекції;

$x_s^{(l)}(i)$ – результат виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання під час лекції;

$N_s^{(l+)}$ – кількість елементарних завдань виконаних здобувачем вищої освіти під час лекції;

$N_{st}^{(p)}$ – кількість елементарних завдань, які потрібно виконати при поясненні;

$x_s^{(p)}(i)$ – результат виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання при поясненні;

$N_s^{(p+)}$ – кількість елементарних завдань виконаних здобувачем вищої освіти при поясненні;

$N_s^{(v)}$ – кількість елементарних завдань, які повинен виконати здобувач вищої освіти при самостійній роботі;

$x_s^{(v)}(i)$ – результат виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання при самостійній роботі;

$N_s^{(v+)}$ – кількість елементарних завдань виконаних здобувачем вищої освіти при самостійній роботі;

$N_{st}^{(r)}$ – кількість елементарних завдань, які потрібно виконати при тестуванні;

$x_s^{(r)}(i)$ – результат виконання здобувачем вищої освіти i -го елементарного завдання під час тестування;

$N_s^{(r+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних здобувачем вищої освіти при тестуванні;

N_t – кількість усіх елементарних завдань, які повинен виконати викладач;

$N_t^{(+)}$ – кількість усіх елементарних завдань, виконаних викладачем;

$N_t^{(l)}$ – кількість елементарних завдань, які потрібно виконати викладачу під час лекції;

$x_t^{(l)}(i)$ – результат виконання викладачем i -го елементарного завдання під час лекції;

$N_t^{(l+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних викладачем під час лекції;

$x_t^{(p)}(i)$ – результат виконання викладачем i -го елементарного завдання під час пояснення;

$N_t^{(p+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних викладачем при поясненні;

$x_t^{(v)}(i)$ – результат виконання викладачем i -го елементарного завдання під час самостійної роботи здобувача вищої освіти;

$N_t^{(v+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних викладачем під час самостійної роботи здобувача вищої освіти;

$x_t^{(r)}(i)$ – результат виконання викладачем i -го елементарного завдання при тестуванні;

$N_t^{(r+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних викладачем при тестуванні;

A_s – активність здобувача вищої освіти на лабораторній роботі;

$A_s^{(l)}$ – активність здобувача вищої освіти під час лекції;

$A_s^{(p)}$ – активність здобувача вищої освіти при поясненні;

$A_s^{(v)}$ – активність здобувача вищої освіти при самостійному виконанні завдання;

$A_s^{(r)}$ – активність здобувача вищої освіти при тестуванні;

A_t – активність викладача на лабораторній роботі;

$A_t^{(l)}$ – активність викладача під час лекції;

$A_t^{(p)}$ – активність викладача при поясненні;

$A_t^{(v)}$ – активність викладача при самостійному виконанні здобувачем

вищої освіти завдання;

$A_t^{(r)}$ – активність викладача при тестуванні;

O_s – оцінка здобувача вищої освіти за лабораторну роботу;

O_t – оцінка викладача за лабораторну роботу.

Ці параметри дають можливість підібрати оптимальний план навчального процесу, у якому будуть враховані індивідуальні особливості роботи як здобувача вищої освіти, так і викладача. Крім того, стає можливим адекватно оцінити як роботу студента, так і викладача під час виконання завдання та окремих її етапів.

Між вказаними вище параметрами повинні виконуватись наступні співвідношення, що характеризують навчальний процес. А саме:

– фактичний час виконання певного етапу лабораторної роботи не повинен перевищувати запланованого, з допустимим додатнім відхиленням:

$$T + \Delta T \geq t;$$

$$L + \Delta L \geq l, L \geq \sum_{i=1}^{N_s} L^{(i)}, L + \Delta L \geq \sum_{i=1}^{N_s} l^{(i)};$$

$$P + \Delta P \geq p, P = \sum_{i=1}^{N_s} P^{(i)}, P + \Delta P \geq \sum_{i=1}^{N_s} p^{(i)};$$

$$V + \Delta V \geq v, V = \sum_{i=1}^{N_s} V^{(i)}, V + \Delta V \geq \sum_{i=1}^{N_s} v^{(i)};$$

$$R + \Delta R \geq r;$$

– збільшений на виконанні певних етапів роботи час зменшує час для виконання інших етапів роботи:

$$T + \Delta T \geq L + \Delta L + P + \Delta P + V + \Delta V + R + \Delta R,$$

– зекономлений на виконанні певних етапів роботи час можна використовувати для виконання інших етапів роботи:

$$T - \Delta T \leq L - \Delta L + P - \Delta P + V - \Delta V + R - \Delta R;$$

– виконаних елементарних завдань не може бути більше, ніж заплановано:

$$N_s \geq N_s^{(+)}; N_s^{(l)} \geq N_s^{(l+)}; N_{st}^{(p)} \geq N_s^{(p+)}; N_s^{(v)} \geq N_s^{(v+)}; N_{st}^{(r)} \geq N_s^{(r+)};$$

$$N_t \geq N_t^{(+)}; N_t^{(l)} \geq N_t^{(l+)}; N_{st}^{(p)} \geq N_t^{(p+)}; N_t^{(v)} \geq N_t^{(v+)}; N_{st}^{(r)} \geq N_t^{(r+)};$$

– загальна кількість виконаних елементарних завдань на кожному з етапів роботи дорівнює сумі результатів виконання елементарних завдань на цьому етапі:

$$N_s^{(l+)} = \sum_{i=1}^{N_s^{(l)}} x_s^{(l)}(i); N_s^{(p+)} = \sum_{i=1}^{N_s^{(p)}} x_s^{(p)}(i);$$

$$N_s^{(v+)} = \sum_{i=1}^{N_s^{(v)}} x_s^{(v)}(i); N_s^{(r+)} = \sum_{i=1}^{N_s^{(r)}} x_s^{(r)}(i);$$

$$N_t^{(l+)} = \sum_{i=1}^{N_t^{(l)}} x_t^{(l)}(i); N_t^{(p+)} = \sum_{i=1}^{N_t^{(p)}} x_t^{(p)}(i);$$

$$N_t^{(v+)} = \sum_{i=1}^{N_t^{(v)}} x_t^{(v)}(i); N_t^{(r+)} = \sum_{i=1}^{N_t^{(r)}} x_t^{(r)}(i);$$

– загальна кількість елементарних завдань дорівнює сумі цих завдань на кожному з етапів роботи:

$$N_s = N_s^{(l)} + N_{st}^{(p)} + N_s^{(v)} + N_{st}^{(r)};$$

$$N_s^{(+)} = N_s^{(l+)} + N_s^{(p+)} + N_s^{(v+)} + N_s^{(r+)};$$

$$N_t = N_t^{(l)} + N_{st}^{(p)} + N_t^{(v)} + N_{st}^{(r)};$$

$$N_t^{(+)} = N_t^{(l+)} + N_t^{(p+)} + N_t^{(v+)} + N_t^{(r+)};$$

– одне елементарне завдання виконує лише один виконавець, і лише один раз:

$$N_{st}^{(p)} = N_s^{(p+)} + N_t^{(p+)}; N_{st}^{(r)} = N_s^{(r+)} + N_t^{(r+)};$$

– активність виконавця на кожному з етапів роботи є відношенням кількості виконаних ним елементарних завдань до їх запланованої кількості на цьому етапі:

$$A_s = \frac{N_s^{(+)}}{N_s}; A_s^{(l)} = \frac{N_s^{(l+)}}{N_s^{(l)}}; A_s^{(p)} = \frac{N_s^{(p+)}}{N_{st}^{(p)}}; A_s^{(v)} = \frac{N_s^{(v+)}}{N_s^{(v)}}; A_s^{(r)} = \frac{N_s^{(r+)}}{N_{st}^{(r)}};$$

$$A_t = \frac{N_t^{(+)}}{N_t}; A_t^{(l)} = \frac{N_t^{(l+)}}{N_t^{(l)}}; A_t^{(p)} = \frac{N_t^{(p+)}}{N_{st}^{(p)}}; A_t^{(v)} = \frac{N_t^{(v+)}}{N_t^{(v)}}; A_t^{(r)} = \frac{N_t^{(r+)}}{N_{st}^{(r)}};$$

– під час етапів пояснення та тестування здобувач вищої освіти виконує ті елементарні завдання, які може виконати, у протилежному випадку елементарне завдання виконує (демонструє) викладач:

$$A_s^{(p)} + A_t^{(p)} = \frac{N_s^{(p+)}}{N_{st}^{(p)}} + \frac{N_t^{(p+)}}{N_{st}^{(p)}} = 1; A_s^{(r)} + A_t^{(r)} = \frac{N_s^{(r+)}}{N_{st}^{(r)}} + \frac{N_t^{(r+)}}{N_{st}^{(r)}} = 1.$$

Хід виконання лабораторної роботи повинен відповідати певним критеріям, що забезпечують її успішне виконання. А саме:

– здобувач вищої освіти повинен намагатись виконати усі поставлені перед ним завдання у встановлені терміни, тобто, потрібно добиватись виконання рівностей:

$$\sum_{i=1}^{N_s^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_s^{(l)}(i) = 1; \sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_s^{(p)}(i) = 1;$$

$$\sum_{i=1}^{N_s^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_s^{(v)}(i) = 1; \quad \sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_s^{(r)}(i) = 1;$$

– викладач під час лекції повинен повністю використати її час на активізацію опорних знань та на ознайомлення здобувачів вищої освіти з необхідними для виконання роботи теоретичними і технічними знаннями:

$$\sum_{i=1}^{N_t^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_t^{(l)}(i) = 1;$$

– під час етапів пояснення, самостійного виконання здобувачем вищої освіти елементарних завдань, тестування викладач повинен, пояснюючи при необхідності ці завдання, добиватись їх самостійного виконання здобувачем вищої освіти:

$$\sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_t^{(p)}(i) = 0; \quad \sum_{i=1}^{N_t^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_t^{(v)}(i) = 0; \quad \sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_t^{(r)}(i) = 0.$$

Наведені вище критерії можна вважати бажаними значеннями виходів моделі, до яких вона повинна наближати відповідні фактичні значення.

Мінімізацію відхилення бажаних вихідних значень моделі від фактичних, як правило, проводять за методом найменших квадратів, тобто мінімізуючи:

а) цільову функцію

$$E_s = \left(\sum_{i=1}^{N_s^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_s^{(l)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_s^{(p)}(i) - 1 \right)^2 + \\ + \left(\sum_{i=1}^{N_s^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_s^{(v)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_s^{(r)}(i) - 1 \right)^2,$$

за результатами роботи здобувача вищої освіти;

б) цільову функцію:

$$E_t = \left(\sum_{i=1}^{N_t^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_t^{(l)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_t^{(p)}(i) \right)^2 + \\ + \left(\sum_{i=1}^{N_t^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_t^{(v)}(i) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_t^{(r)}(i) \right)^2,$$

за результатами роботи викладача.

За результатами виконання завдання її учасникам можуть бути виставлені наступні оцінки (для 100-бальної системи оцінок, без корегування оцінки). Для здобувача вищої освіти:

$$O_s = \gamma(A_s^{(l)} + A_s^{(p)} + A_s^{(v)} + A_s^{(r)}) = 100(A_s^{(l)} + A_s^{(p)} + A_s^{(v)} + A_s^{(r)}),$$

для викладача:

$$O_t = \gamma(A_t^{(l)} + A_t^{(p)} + A_t^{(v)} + A_t^{(r)}) = 100(A_t^{(l)} + A_t^{(p)} + A_t^{(v)} + A_t^{(r)}).$$

У результаті виконання певного елементарного навчального завдання важливо оцінити його виконання за допомогою числових значень, аналізуючи які, можна зробити висновок про успішність виконання завдання та запропонувати відповідні зміни до навчального плану. Наприклад, після самостійного виконання студентом елементарного навчального завдання можуть виникнути наступні ситуації, що потребують різної реакції моделі.

За часом виконання роботи:

а) $-\Delta V^{(i)} \leq V^{(i)} - v^{(i)} \leq \Delta V^{(i)}$ – робота завершена вчасно;

б) $V^{(i)} - v^{(i)} > \Delta V^{(i)}$ – робота завершена передчасно;

в) $V^{(i)} - v^{(i)} < -\Delta V^{(i)}$ – робота завершена з перевищенням

допустимого часу.

За результатом виконання роботи: а) елементарне навчальне завдання виконане; б) елементарне навчальне завдання не виконане.

Можливі шість різних комбінацій цих випадків. Кожен з них має бути розпізнаний і сформовано відповідний вихідний сигнал, що буде впливати на зміну навчального плану.

Тепер розглянемо процес роботи моделі. При цьому будемо використовувати схему «навчання з учителем» (у нашому випадку – з викладачем). Схему «навчання з учителем» представлено на рис. 3.3. Ця схема передбачає, що викладач має певний набір вхідних даних з конкретного завдання (входи), а також бажані результати, яких має досягти студент при виконанні цього завдання (бажані виходи). У результаті роботи виникає певна різниця між бажаними виходами та отриманими під час роботи (фактичні виходи).

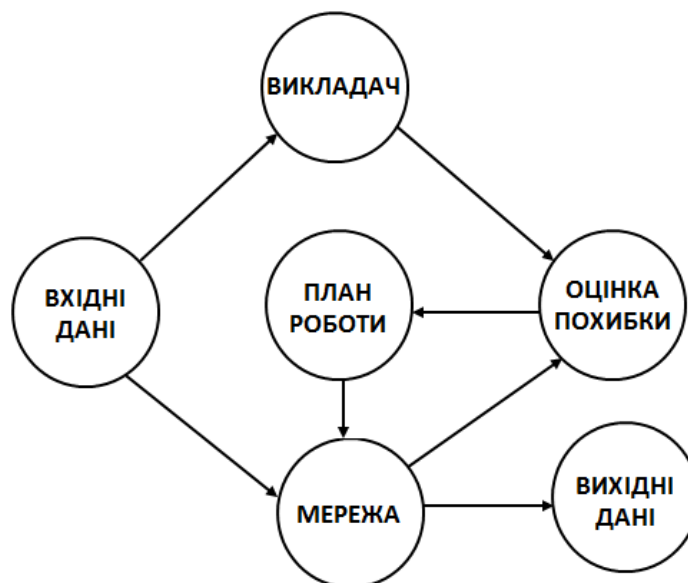


Рис. 3.3. *Схема «навчання з учителем»*

Завдання роботи моделі полягає в тому, щоб знайти такі значення вагових коефіцієнтів, при яких цільова функція, що залежить від цієї різниці (критерій виконання), прийняла якомога менше (допустиме) значення. Це узгоджується з висновком А. Куха про те, що у випадку відмінності бажаних результатів навчання від фактичних, потрібно здійснювати поелементний контроль навчальної діяльності, визначаючи її слабку ланку, що дасть змогу забезпечити рефлексію цієї діяльності [145, с. 346–347].

Розглянемо можливі реакції моделі на різні результати роботи над самостійним виконанням елементарного завдання. Вище ми встановили шість наступних можливих результатів роботи над виконанням елементарного завдання.

1. Елементарне завдання виконане, з перевищенням допустимого відхилення у часі у бік збільшення цього часу. У цьому випадку слід рекомендувати збільшення часу на виконання цього завдання. Оптимальну величину збільшення часу, та допустиму величину відхилення для нового значення часу, має розрахувати модель.

2. Елементарне завдання виконане вчасно, у межах допустимого відхилення у часі. У цьому випадку слід вибрати досягнутий час виконання у якості планового для цього елементарного завдання, та встановити для нього допустимі межі зміни.

3. Елементарне завдання виконане передчасно, з перевищенням допустимого відхилення у часі у бік зменшення цього часу. У цьому випадку слід рекомендувати зменшення часу на виконання цього завдання. Оптимальну величину зменшення часу та допустиму величину відхилення для нового значення часу має розрахувати модель.

4. Елементарне завдання не виконане, і час роботи над завданням перевищив допустиме відхилення у бік збільшення цього часу. Така ситуація може свідчити про намагання виконати завдання, і, разом з тим, про недостатній запас знань та умінь для його виконання. У цьому випадку слід рекомендувати збільшити час на виконання цього завдання і, крім того, збільшити час на знайомство з базовими знаннями та на пояснення цього завдання. Оптимальну величину зміни вказаних параметрів, та допустиму величину їх відхилення, має розрахувати модель. Після цього виконання елементарного завдання слід повторити.

5. Елементарне завдання не виконане, а час роботи над ним знаходиться у межах допустимого відхилення. Така ситуація може свідчити про відповідальне відношення до роботи над завданням, але, з

іншого боку, про неуважність при його виконанні. У цьому випадку слід рекомендувати, без зміни планового часу на виконання елементарного завдання, збільшити час на пояснення цього завдання. Оптимальну величину збільшення часу, та допустиму величину відхилення для нового значення часу, має розрахувати модель, після чого виконання елементарного завдання слід повторити.

б. Елементарне завдання не виконане, і час роботи над завданням перевищив допустиме відхилення у бік зменшення цього часу. Така ситуація може свідчити як про неуважність при виконанні завдання, так і про недостатній запас знань та умінь для його виконання. У цьому випадку слід рекомендувати збільшення часу на самостійну роботу студента з оволодіння базовими знаннями, та на пояснення завдання. Оптимальну величину збільшення часу з указаних параметрів, та допустиму величину їх відхилення, має розрахувати модель. Після цього студенту слід повторно виконати завдання.

Усі описані вище випадки легко формалізувати, представивши їх у вигляді упорядкованої пари індикаторів: $(x;y)$, де x – індикатор результату виконання завдання, який приймає значення 1, якщо елементарне завдання виконане, і значення 0 – у протилежному випадку, а y – індикатор часу виконання завдання, який приймає значення 1 у випадку перевищення допустимого відхилення часу виконання завдання у сторону збільшення цього часу, значення 0 – у випадку, коли час роботи над завданням знаходиться у межах допустимого відхилення, і значення -1 – у випадку, коли час роботи над завданням перевищив допустиме відхилення у бік зменшення цього часу. При таких припущеннях усі розглянуті вище випадки можуть бути представлені та ідентифіковані, як наступні пари чисел:

випадок 1 – пара чисел $(1;1)$,

випадок 2 – пара чисел $(1;0)$,

випадок 3 – пара чисел $(1;-1)$,

випадок 4 – пара чисел (0;1),

випадок 5 – пара чисел (0;0),

випадок 6 – пара чисел (0;-1).

Таким чином, задача управління навчальним процесом при виконанні елементарного завдання звелась до класичної задачі розпізнавання шести різних варіантів.

Хід навчального процесу при виконання елементарного завдання можна представити у вигляді блок-схеми (рис. 3.4). При цьому будемо частково використовувати позначення, що введені вище. А саме:

V – час, відведений на самостійне виконання студентом завдання;

ΔV – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру V ;

v – фактичний час самостійного виконання студентом завдання;

L – час, відведений на теоретичний матеріал для завдання;

ΔL – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру L ;

P – час, відведений на пояснення завдання;

ΔP – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру P ;

l – час на ознайомлення студента з базовими знаннями;

Δl – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру l ;

p – час самостійної роботи студента під час пояснення;

Δp – абсолютна величина допустимого відхилення від значення параметру p ;

x – індикатор результату виконання завдання;

y – індикатор часу виконання завдання.

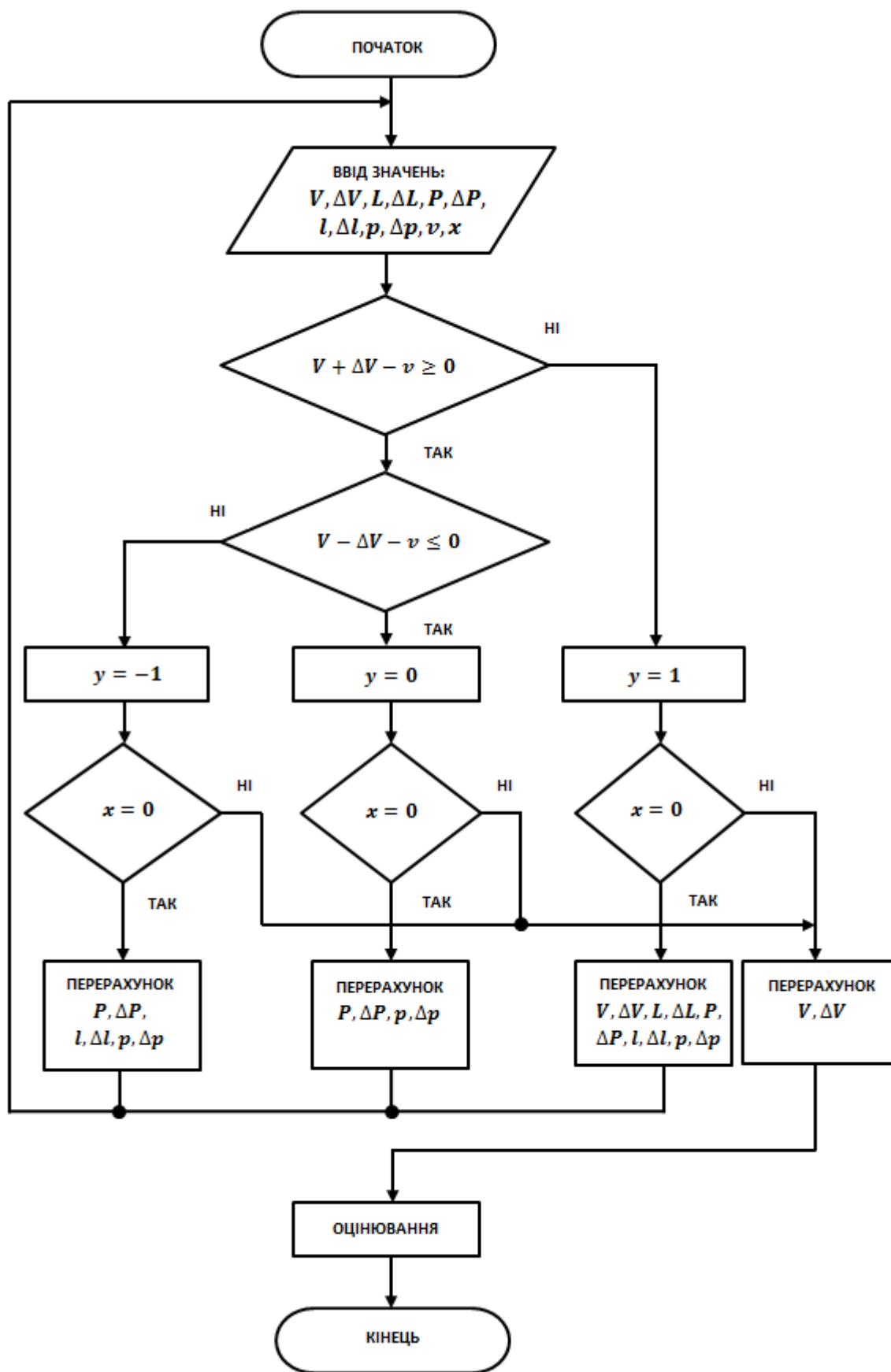


Рис. 3.4. Блок-схема навчального процесу при виконанні елементарного завдання

Розглянемо більш детально представлену блок-схему. Відмітимо, що структуру цієї блок-схеми можна змінювати у залежності від мети, яку потрібно досягти у результаті дії схеми.

Представлена схема передбачає навчальний процес за участю викладача і студента. Ця схема передбачає дискретне керування навчальним процесом, тобто модель видає рекомендації по можливих варіантах продовження навчального процесу після першої ітерації. Викладач самостійно приймає рішення по реалізації цих рекомендацій. Без втручання викладача блок-схема буде працювати до моменту, поки не буде досягнуто бажаного результату по навчанню, який полягає у тому, що студент виконав завдання. Цю схему зручно використовувати для самостійного відпрацювання навичок по виконанню завдання.

Розглянемо роботу однієї гілки цієї блок-схеми, інші гілки працюють аналогічно.

Блок «Початок» включає ініціалізацію роботи відповідного програмного модуля та встановлення вихідних даних для початку його роботи (вибір відповідних баз даних).

Наступний блок відповідає за ввід вказаних даних у оперативну пам'ять, для подальшої обробки програмним модулем.

Після вводу даних, частина з них, за допомогою блоку умовної передачі керування, аналізується з метою визначення величини відхилення у бік завищення фактично затраченого студентом часу на виконання завдання від допустимого. Виконання нерівності $V + \Delta V - v \geq 0$ означає, що такого завищення немає.

У разі завищення часу буде виконуватись нерівність $V + \Delta V - v < 0$, і керування перейде до наступного блоку, де для виходу у моделі встановлюється значення 1. Після цього керування передається на блок умовної передачі керування, що визначає результат виконання студентом завдання. Вище було відзначено, що індикатор x приймає лише два

значення: 0 або 1. Якщо рівність $x=0$ не виконується, то це означає, що індикатор x прийняв значення 1, тобто завдання студент виконав, але з перевищенням величини допустимого відхилення часу виконання завдання від запланованого, у бік його завищення. Таким чином, отримали випадок 1), що розглянутий вище, тобто вона розпізнала образ (1;1). Після цього розраховуються оптимальні для цього випадку значення параметрів V і ΔV , запам'ятовуються замість попередніх відповідних значень, після чого робота завершується. Повторне виконання студентом цього завдання розпочнеться із цих перерахованих даних.

У випадку, коли індикатор x прийняв значення 0, тобто, завдання не виконано, отримуємо випадок 4) – студент не виконав завдання, і, намагаючись його виконати, перевищив допустиму величину відхилення запланованого на виконання завдання часу, у бік його завищення. Отже, отримали випадок (0;1). Після цього розраховуємо оптимальні для цього випадку значення параметрів V, L, l, P, p та їх відповідні допустимі відхилення $\Delta V, \Delta L, \Delta l, \Delta P, \Delta p$, запам'ятовуємо їх замість попередніх відповідних значень, і завершуємо роботу.

Аналогічним чином функціонує блок-схема у інших випадках, розпізнаючи образи (1;0), (0;0), (1;-1), (0;-1).

Дана блок-схема містить блок оцінювання елементарного завдання (розрахунок оцінки). Однак, на наш погляд, оцінювання слід проводити після завершення виконання усього завдання, як його підсумок.

Блок завершення роботи зберігає усі результати роботи у формі, що передбачає використання отриманих значень параметрів у якості початкових при наступному використанні програми для цього завдання.

Розглянута блок-схема є основою для побудови математичної моделі, яка забезпечуватиме функціонування цієї блок-схеми.

Спочатку розглянемо реалізацію встановлення значень індикатора у – часу виконання завдання. Як видно з блок-схеми, значення індикатора у

залежить від комбінації знаків двох виразів: $V + \Delta V - v$ і $V - \Delta V - v$.

Комбінації цих знаків, що відповідають даній блок-схемі, можна отримати за допомогою наступної моделі (Рис. 3.5).

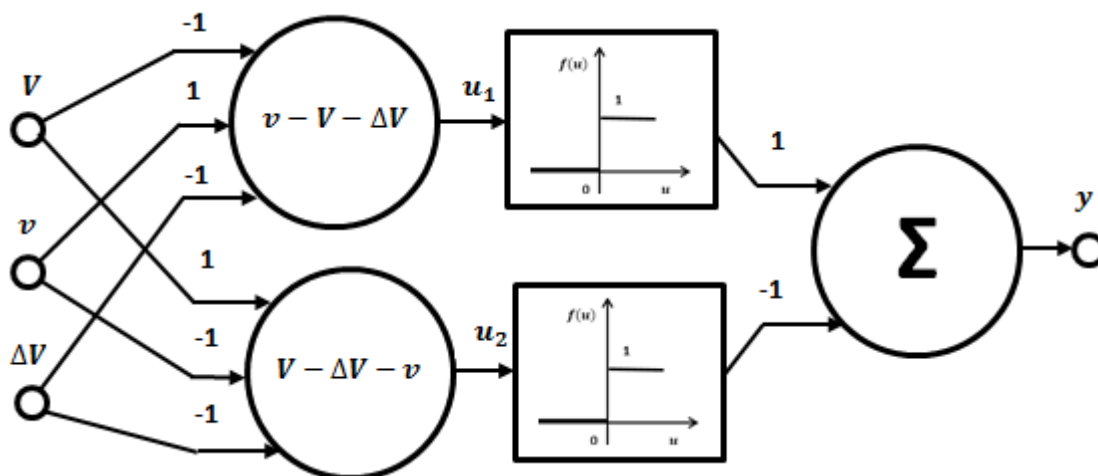


Рис. 3.5. Схема індикатора часу виконання завдання

У результаті дії цієї моделі, в залежності від значення параметру v , та при сталих значеннях параметрів V і ΔV , її вихідне значення (індикатор y) приймає три різні значення:

1, якщо час виконання завдання перевищив значення $V + \Delta V$;

0, якщо час виконання завдання знаходиться у допустимих межах зміни параметру V ;

-1, якщо час виконання завдання менший ніж значення $V - \Delta V$.

Побудуємо модель функціонування навчального процесу за блок-схемою, що наведена на рис. 3.6.

Вказана модель працює так. На вхід подаються дані про час V , запланований на виконання завдання, та про абсолютну величину ΔV , допустимого відхилення від запланованого часу. Початок виконання завдання співпадає з початком роботи моделі.

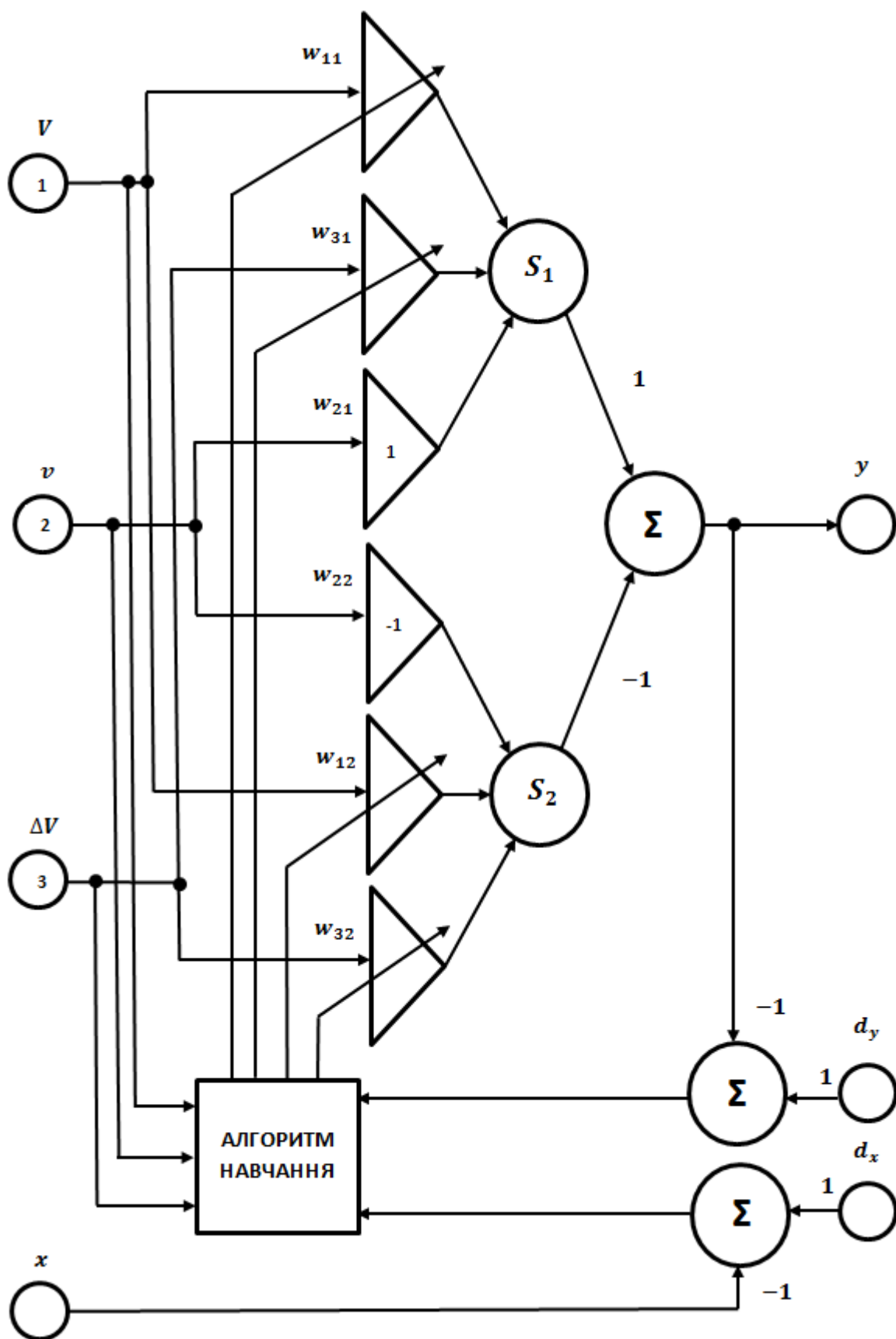


Рис. 3.6. Модель реалізації навчального процесу при виконанні елементарного завдання

Крім того, на початок подаються два навчальні сигнали: d_x – бажане значення індикатора x (у нашому випадку це значення дорівнює 1 – завдання виконане), і d_y – бажане значення індикатора y (у нашому випадку це значення дорівнює 0 – завдання виконане вчасно). Таким чином, ці два навчальні сигнали формують вхідний образ – упорядковану пару чисел $(1;0)$, такий образ ще називають вхідним вектором.

Після завершення роботи над виконанням завдання вводять ще два значення: значення параметру v – часу фактичної роботи над виконанням завдання, і фактичне значення індикатора x виконання завдання.

Отримавши усі шість вхідних значень, фактичне значення y розраховується за схемою індикатора часу виконання завдання. Це значення зі знаком «мінус» подається на «суматор», що обчислює різницю $d_y - y$. Аналогічно, фактичне значення індикатора x зі знаком «мінус» поступає на інший «суматор», що обчислює різницю $d_x - x$. Ця різниця також поступає на блок алгоритму навчання.

Блок навчання моделі, отримавши обидві різниці, порівнює їх з таблицею можливих образів. Розпізнавши надісланий образ, блок алгоритму навчання, у залежності від результату, приймає рішення або про перерахунок запланованих значень відповідних параметрів, або про припинення роботи, у разі, коли навчальний образ і фактичний однакові.

Якщо у академічній групі декілька студентів, і вони окремо працюють над виконанням одного завдання (наприклад, однієї і тієї ж лабораторної роботи), то у цьому випадку, викладач має розподіляти свою увагу (час) між усіма виконавцями основного завдання. Цей час потрібно перерозподіляти залежно від результатів роботи кожного студента. Очевидно, що за це має відповідати додаткова модель, яка повинна обробляти декілька вхідних векторів одночасно і мати здатність «навчатись», орієнтуючись на відповідні вектори навчальних сигналів

(бажані значення параметрів розподілу часу та результати виконання основного завдання окремими студентами). Таку модель називають мета-моделлю [21., с. 289-290]. Мета-модель за вхідними векторами ансамблів моделей формує вихідний вектор, який містить оптимальні значення параметрів основного завдання для усієї групи здобувачів вищої освіти.

Описані вище метод елементарних завдань та математична модель, що забезпечує навчальний процес з використанням цього методу, можуть бути основою рейтингової системи оцінювання знань. Вони дають можливість формування значної бази даних з активності та ефективності навчання здобувачів вищої освіти не лише за певне академічне заняття, але і за групу (комплекс) занять зі схожою структурою. Більше того, ці бази даних можуть бути проаналізовані на предмет динаміки результатів процесу навчання та прогнозування майбутніх результатів. На основі цих даних викладач зможе корегувати навчальні плани наступних занять, з метою підвищення їх ефективності.

Таким чином, в далекій перспективі у навчальному процесі стає можливим застосовувати математичні моделі не лише для оптимізації навчального процесу, але і для визначення значущості впливу різноманітних факторів на цей процес.

Схожі питання розглядав А. Кух [145, с. 329-335]. У цій роботі ним побудована інформаційна модель цілей підготовки фахівця, зокрема описаний метод визначення значущості таких цілей. Користуючись цим методом можна, наприклад, розподілити час на засвоєння окремих розділів дисципліни, або час на вивчення різних курсів. За допомогою експертного опитування встановлені значущості конкретних цілей підготовки вчителя фізики і побудована відповідна модель. А. Кух вказує на те, що запропонований ним метод побудови моделі цілей підготовки фахівця є одним із елементів модернізації підготовки здобувачів вищої освіти [145, с. 335].

Слід відзначити, що побудова і дія моделі, запропонованої А. Кухом, базуються на статистичних даних за результатами опитування вчителів про структуру та перебіг навчального процесу при підготовці майбутніх учителів фізики. А. Кух вімічає, що отримані результати роботи моделі є лише бажаними, а їх реалізація потребує значної роботи по удосконаленню навчального процесу [145, с. 334].

Одним із недоліків моделі, на наш погляд, є те, що при її побудові не враховані результати дії використаних вагових коефіцієнтів значущості цілей підготовки фахівців. Врахування таких результатів може дати можливість уточнення вагових коефіцієнтів та їх перерахунку з метою оптимізації результату. Більше того, у майбутньому виникне можливість оптимізувати схему, залучивши до її побудови елементи штучного інтелекту. Однак, це можливо лише у випадку, коли є можливість вираження (вимірювання) цілей підготовки фахівців за допомогою числових значень.

Висновки до третього розділу

Узагальнення результатів визначення методологічних і концептуальних засад розробки системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності дає підстави зробити такі висновки:

1. Методологічні засади вирішення проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій сформульовано на трьох рівнях методології: філософському (загальні положення теорії пізнання, сучасна форма діалектичного методу та універсальні методологічні принципи (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії і практики)), загальнонауковому (логічні прийоми пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія та формалізація), системний і синергетичний підходи) та конкретно-науковому (особистісно

орієнтований, компетентнісний та культурологічний підходи), які утворюють комплекс принципів, підходів, методів, способів і форм науково-пізнавальної діяльності.

2. Концепція – це авторське бачення сутності певного педагогічного процесу; у нашому випадку – процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, змін, необхідних для його реалізації та уявлень про те, яким чином ці зміни мають бути реалізовані.

З огляду на це, концепція підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності має відобразити такі характеристики досліджуваного феномену:

1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти;

2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

3. На основі обраної методології дослідження та авторського бачення досліджуваного феномену нами визначено дванадцять принципів, дотримання яких сприятиме ефективній реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Визначена нами сукупність принципів включає: принцип персоналізації, принцип свідомої

пізнавальної діяльності, принцип самоорганізації, принцип формування ціннісних орієнтацій, принцип співробітництва й наставництва, принцип діалогічності, принцип інтегративності (інтеграції), принцип трансдисциплінарності, принцип зв'язку навчання з життям, принцип значущості результатів навчання для особистості, принцип зворотного зв'язку та принцип постійного контролю.

4. Як перспективний концепт організації навчання майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін розглянуто метод елементарних завдань, який дає можливість формалізувати такі важливі поняття дидактики як активність, інтенсивність, оптимальність, ефективність навчального процесу. За допомогою цього методу може бути побудована математична модель навчального процесу. Проте побудова та реалізація такої моделі потребує числового визначення усіх параметрів освітнього процесу, що на сьогодні дуже складно реалізувати навіть залучивши до її побудови елементи штучного інтелекту.

Визначені методологічні й концептуальні засади створюють належний базис для побудови моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, що буде подано в наступному розділі.

Основні результати розділу опубліковано у працях [36; 37; 42; 43; 44; 472; 473].

РОЗДІЛ 4

ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ

У розділі запропоновано авторську структурно-функціональну модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій та охарактеризовано її структуру і зміст. Визначено й обґрунтовано сукупність організаційно-педагогічних умов, створення яких забезпечує ефективну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Надано характеристику комплексно-методичного забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

4.1. Структура та зміст авторської моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Комплексність та багатоаспектність проблеми дослідження зумовлюють необхідність розробки авторської структурно-функціональної моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності як стратегічного плану, реалізація якого забезпечить оптимальність її вирішення.

Враховуючи той факт, що розробка будь-якої моделі відбувається в процесі моделювання, вважаємо за необхідне уточнити суть концепта «*моделювання*». У сучасних дослідженнях це поняття тлумачать як

«процес створення моделі, у якій різними засобами й за різними аспектами моделюється певна реально існуюча система» [285, с. 120], «метод наукового пізнання, що забезпечує адекватний опис і цілісне відображення у формі моделі уявлення дослідника про сутність, найважливіші якості та компоненти системи» [130, с. 45], «процес опосередкованого практичного й теоретичного дослідження об'єкта, у якому вивчається його певні аспекти, що об'єктивно співвідносяться з ними та надають уявлення про об'єкт моделювання» [230, с. 151].

У педагогічних дослідженнях моделювання відіграє дуже важливу роль, оскільки саме воно «дає змогу імітувати реальні педагогічні системи, використовуючи аналоги, що відповідають найважливішим організаційним та функціональним властивостям досліджуваного об'єкта (системи)» [287, с. 165]. Проте його успішність певною мірою залежить від «якості формалізації теоретичних положень, що описують змодельоване явище» [280, с. 338].

Отже, поняття «моделювання» слід розуміти як процес розробки моделі досліджуваного феномену, що забезпечує його пізнання. У ході моделювання відбувається відображення найсуттєвіших структурних складових досліджуваного феномену та взаємовідносин між ними.

Поняття «*модель*» у сучасних психолого-педагогічних дослідженнях набуло різноманітного тлумачення. Насамперед, модель – це «обрана суб'єктом система, яка відтворює істотні, для певної мети пізнання, сторони (елементи, властивості, відносини, параметри) об'єкта вивчення і через це перебуває з ним у такому відношенні заміщення і схожості, що дослідження її служить опосередкованим способом отримання знання про цей об'єкт» [11, с. 28] та «спеціально сконструйована система, яка відображає суттєві властивості об'єкта дослідження» [289, с. 18].

«Енциклопедія освіти» поняття «модель» тлумачить як «уявну або матеріально реалізовану систему, яка відображає або відтворює об'єкт дослідження (природний чи соціальний) і здатна замінювати його

простішим прототипом так, що її вивчення дає нову інформацію стосовно цього об'єкта» [87, с. 516].

При цьому модель – це «спрощений зразок об'єкта педагогічної діяльності, що зберігає його найсуттєвіші риси» [155, с. 224], а також «штучно створений зразок у вигляді графічної схеми» [60, с. 18].

Отже, поняття «модель» слід розуміти як штучно створений зразок (аналог) у вигляді графічної схеми, що відтворює найважливіші для пізнання сторони (структуру, елементи, властивості, відносини, параметри, функції тощо) досліджуваного феномену.

Під час розробки авторської моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій ми дотримувались *сукупності вимог*, що забезпечило побудову ефективної авторської структурно-функціональної моделі досліджуваного феномену. Насамперед, розроблюванана модель має включати ті компоненти, що безпосередньо впливають на ефективність розвитку досліджуваного феномену; володіти контрольованою структурою, що дає можливість корегування наявних та створення нових компонентів, а також має забезпечувати можливість діагностування всіх етапів формування досліджуваного феномену [268].

Крім того, розроблювана авторська структурно-функціональна модель має [80; 88; 174; 228] відповідати суттєвим властивостям об'єкта; забезпечувати зв'язок теоретичної моделі з оточенням; відображати ієрархічну залежність між структурними складовими; забезпечувати оптимізацію змісту підготовки з орієнтацією на мету дослідження; передбачати вибір таких завдань та способів їх виконання, які забезпечать можливість одержання максимально можливих очікуваних результатів; забезпечувати можливість визначення проміжних і кінцевих результатів підготовки. Не менш важливим є те, що розроблювана модель має включати стабілізуючі фактори, які відображають зміст освіти, стійкі

міждисциплінарні зв'язки, методику навчання, психолого-педагогічні вимоги до організації та ін. [204].

Відповідно до цих вимог було розроблено **структурно-функціональну модель**, яка є графічним відображенням нашого бачення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

У структурі розробленої структурно-функціональної моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій нами виділено: *проективно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну підсистеми* (рис. 4.1).

Проективно-цільова підсистема авторської структурно-функціональної моделі відтворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією підготовки, сукупністю принципів підготовки, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя, а також методичним забезпеченням, які в сукупності визначають теоретико-методологічні засади і спрямування процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Системоутворювальним чинником розробленої моделі виступає її *мета* – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, яка зумовлена соціальним замовленням, вимогами інформаційного суспільства та потребами в педагогічних кадрах системи загальної середньої освіти.

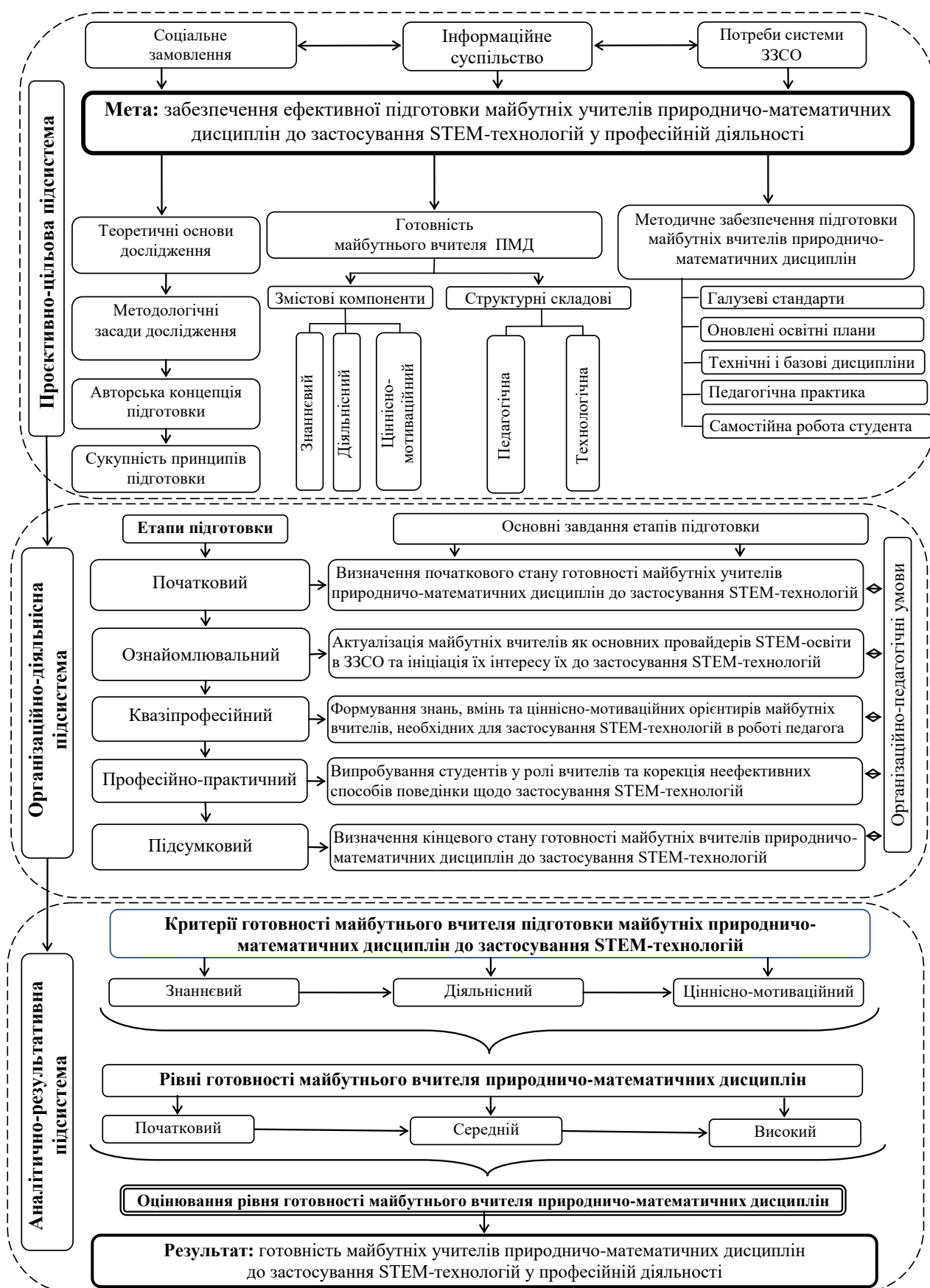


Рис. 4.1. Структурно-функціональна система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності

Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій має задовольняти потребам, які виникають у суспільства, і вирішувати проблеми, які постають перед ним. Серед таких викликів є спільні для всіх країн, у тому числі й для України [197; 198; 231; 445]:

- зниження інтересу до точних наук та інженерних професій;
- зростання попиту на кваліфікованих технічних працівників і дослідників;
- розвиток виробництва на основі впровадження нової техніки, новітніх технологій і матеріалів;
- підвищення вимог роботодавців до рівня технологічної компетентності робітників;
- розвиток STEM-галузі та поява нових професій у цій галузі.

Не менш важливим, на думку В. Петрук, є те, «модель фахівця» повинна враховувати не лише вимоги до фахівця, стан досягнення рівня науки, техніки виробництва, а й перспективи й тенденції розвитку науково-технічного прогресу [222]. Тобто має бути спрямованою на перспективу та випереджати розвиток даної галузі діяльності.

Виходячи з цих положень, основними завданнями системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності можна визначити формування знань, умінь та здатностей майбутнього вчителя до:

- самостійної побудови викладання предмета з використанням сучасних технологічних та інженерних знань за допомогою сучасних технологічних засобів;
- вирішення глобальних питань із застосуванням технологічних рішень у процесі навчання та ґрунтуючись на інноваціях у галузі технологій;
- визначення тенденцій у модернізації світових технологій і їх впливу на освітню діяльність;

– залучення до науково-дослідної діяльності учнів та керування їх проєктною діяльністю з використанням інноваційних технологій;

– поширення інновацій і знання про них у професійному колі та в повсякденному житті.

Теоретичною основою дослідження є наукові положення сучасної педагогічної науки щодо:

– проблем розвитку педагогічної освіти (В. Андрущенко, Г. Балл, І. Бех, Г. Васянович, С. Гончаренко, М. Євтух, В. Кремень, І. Лікарчук, В. Луговий, В. Кудін, Н. Ничкало, О. Овчарук, Н. Падун, Ю. Поліщук, С. Раков, Ю. Рамський, М. Рафальська, С. Сисоєва, Ю. Триус, О. Щербак та ін.);

– педагогіки вищої школи (С. Архангельський, В. Беспалько, І. Булах, В. Загвязинський, Е. Зеєр, О. Коваленко, З. Курлянд, М. Лазарєв та ін.);

– впровадження компетентнісного підходу в освіті (Н. Бібик, Л. Ващенко, Н. Глузман, В. Заболотний, Л. Коваль, О. Милославська, Н. Морзе, О. Савченко, О. Співаковський, О. Спірін, Г. Тарасенко, С. Трубачева, В. Шарко та ін.);

– впровадження STEM-освіти (О. Барна, О. Бутурліна, Д. Васильєва, О. Воронкін, Н. Гончарова, О. Дзюба, С. Кириленко, О. Кузьменко, О. Лозова, Н. Поліхун, І. Сліпухіна, В. Хмуренко та ін.);

– теорії поколінь (В. Штраус, Н. Хоув, А. Тюрнер, К. Мангейм, Х. Беккер, В. Гаврилюк, В. Бойко та ін.);

– організації інтегрованого навчання з предметів природничо-математичного циклу (В. Андрієвська, С. Бабійчук, В. Багашова, Н. Баюрко, Л. Білоусова, Н. Буринська, Л. Величко, В. Коваленко, Д. Корчевський, Ю. Краснобокий, А. Кух, О. Ніколаєв, М. Мартинюк, А. Самко, Н. Стець, І. Ткаченко, А. Ясінський, В. Яценко та ін.).

– підготовки майбутнього вчителя до організації проєктної діяльності (Н. Брюханова, Ю. Веселова, І. Дмитрик, М. Елькін, Г. Кіт,

Е. Кручай, Є. Кузьміна, Є. Литвиновський, Ю. Фільчакова, Т. Яковенко та ін.).

Методологічні засади дослідження відображають сукупність загальних положень теорії пізнання, методологічних принципів та підходів, які представлені на філософському, загальнонауковому та конкретно-науковому рівнях. На філософському рівні вона ґрунтується на загальних положеннях теорії пізнання, сучасній формі діалектичного методу та універсальних методологічних принципах (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії і практики). Загальнонаукова методологія представлена логічними прийомами пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія та формалізація) та системним і синергетичним підходами. На рівні конкретно-наукової методології ґрунтується на особистісно орієнтованому, компетентнісному й культурологічному підходах

Відзначимо, що розроблена авторська модель також враховує і *нормативно-правові акти* чинного законодавства, які регламентують питання освітньої діяльності й освіти в Україні, зокрема: Закон України «Про освіту», Закон України «Про наукову та науково-технічну діяльність», «Про інноваційну діяльність»; Положення про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності, затверджене наказом МОНУ від 07 листопада 2000 року № 522; Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти на період до 2029 року «Нова українська школа»; Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки; наказ МОНУ «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру» на 2017–2021 роки» від 17.05.2017 р. №708; наказ МОНУ «Про затвердження

Концепції розвитку педагогічної освіти» від 16.07.2018 р. №776 та інші законодавчі акти.

Авторська концепція відображає наш погляд на такі характеристики досліджуваного феномену:

1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти;

2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Для забезпечення ефективною реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності нами визначено *дванадцять принципів*, зокрема: персоналізації, свідомої пізнавальної діяльності, самоорганізації, формування ціннісних орієнтацій, співробітництва й наставництва, діалогічності, інтегративності (інтеграції), трансдисциплінарності, зв'язку навчання з життям, значущості результатів навчання для особистості, зворотного зв'язку та постійного контролю.

Структуру готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності утворюють педагогічна і технологічна структурні складові, кожна з яких характеризує знаннєвий, діяльнісний та ціннісно-мотиваційний змістові компоненти.

Методичне забезпечення процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій включає: галузеві стандарти, оновлені освітні плани, технічні і базові дисципліни, проходження педагогічної практики, а також самостійна робота студента.

Організаційно-діяльнісна підсистема авторської моделі відтворює основні етапи, їх завдання та організаційно-педагогічні умови, у яких необхідно реалізувати процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Відповідно до авторського бачення, процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін застосування STEM технологій у професійній діяльності відбувається в ході послідовної реалізації п'яти етапів, а саме: *початкового, ознайомлювального, квазіпрофесійного, професійно-практичного та підсумкового*. При цьому кожен з визначених етапів має власну мету й завдання.

Так, метою *початкового етапу* є визначення початкового стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Завдання цього етапу включають:

- 1) підготовку до дослідно-експериментальної роботи;
- 2) залучення майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до дослідно-експериментальної роботи;
- 3) визначення початкового стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Ознайомлювальний етап підготовки має на меті актуалізацію майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін як основних провайдерів STEM-освіти в ЗЗСО та ініціацію їх інтересу до застосування STEM технологій.

Основними завданнями цього етапу є:

1) усвідомлення майбутніми вчителями значення їх професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін для впровадження STEM-освіти та для них особисто;

2) усвідомлення складності та багатоаспектності професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах впровадження STEM-освіти;

3) ініціаціювання інтересу майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності шляхом попереднього ознайомлення з концепцією STEM-освіти;

4) надання студентам можливостей обговорення власного досвіду й вражень, набутих під час ознайомлення з майбутньою професією та STEM-освітою;

5) актуалізація майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін як основних провайдерів STEM-освіти в ЗЗСО.

Квазіпрофесійний етап підготовки має забезпечити формування знань, умінь та ціннісно-мотиваційних орієнтирів майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, необхідних для їх подальшої професійної діяльності до застосування STEM технологій.

На цьому етапі основними завданнями є:

1) теоретична підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін щодо застосування STEM технологій у професійній діяльності;

2) формування педагогічної і технологічної складових готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін та їх змістових компонентів;

3) спрямування пізнавальної діяльності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін на набуття квазіпрофесійного досвіду використання навчальної інформації в ситуаціях, що імітують професійну діяльність;

4) формування в майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін ціннісних орієнтацій, об'єднаних навколо свідомого використання STEM технологій;

5) формування у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін цілісного розуміння і бачення їх подальшої професійної діяльності в умовах STEM-освіти.

Професійно-практичний етап підготовки передбачає випробування студентів у ролі вчителів природничо-математичних дисциплін та корекцію неефективних способів поведінки щодо застосування STEM технологій.

Завданнями цього етапу є:

1) випробування студентів у ролі вчителів природничо-математичних дисциплін;

2) випробування педагогічної готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін;

3) випробування технологічної готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін;

4) усвідомлення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін цінності набутих ними знань, умінь та квазіпрофесійного досвіду для подальшої професійної діяльності в умовах STEM-освіти;

5) усвідомлення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін власної готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Метою *підсумкового етапу* є визначення кінцевого стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Завданнями цього етапу є:

1) визначення кінцевого стану готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

2) підведення підсумків дослідно-експериментальної роботи та вироблення висновків щодо ефективності розробленої моделі системи майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

3) у разі потреби корегування розробленої моделі системи майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Розроблена структурно-функціональна модель враховує сукупність *організаційно-педагогічних умов*, що забезпечують ефективність реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності, а саме:

1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій;

2) реалізація майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки;

3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії у професійному середовищі.

Аналітично-результативна підсистема розробленої структурно-функціональної моделі відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, які втілені у вигляді критеріїв, їх показників та рівнів готовності.

Поняття «критерій» у науці розглядається як «підстава для оцінки, визначення або класифікації чогось; мірило» [47, с. 588]; «ознака, на основі якої здійснюється оцінка відповідної діяльності» [306, с. 300], а також «стандарт за яким можна оцінити реальне педагогічне явище (процес) або порівняти його з еталонном» [8].

При цьому виділення й обґрунтування критеріїв оцінювання рівня готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій базувалося на певних вимогах, а саме:

– формулювання критеріїв має бути максимально ясным, точним і коротким, при цьому вони мають вимірювати те, що бажає оцінити дослідник [101];

– критерії мають відображати суттєві ознаки та якості досліджуваного феномену й бути постійними та стабільними [102, с. 115];

– критерії мають визначатися з урахуванням системного бачення досліджуваного феномену, його структурних і функціональних складових та особливостей реалізації [127].

У свою чергу, кожен «критерій» знаходить своє вираження у конкретних «показниках», які визначаються як «ознака чого-небудь; явище або подія, на підставі яких можна робити висновки про перебіг якого-небудь процесу; кількісна характеристика властивостей процесу» [47, с. 1024], а також як типовий і конкретний прояв однієї із суттєвих сторін досліджуваного феномену, за наявності якого можна зробити висновок про рівень його сформованості [230, с. 167].

Разом з тим за ступенем прояву показників за відповідними критеріями можна робити висновки щодо *рівня* сформованості досліджуваної готовності.

На основі проведеного аналізу, власного бачення та відповідно до структури досліджуваного феномену основними критеріями готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій є знаннєвий, діяльнісний та ціннісно-мотиваційний.

Співвідношення структурних складових, змістових критеріїв та показників готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності подано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Співвідношення складових, критеріїв та показників готовності
майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до
професійної діяльності в умовах трансформації освіти**

Компонент змісту	Структурна складова
Знаннєвий	<p>Педагогічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знання вікових психолого-педагогічних особливостей учнів. – Знання принципів організації роботи в групі, команді. – Планування виконання проєктів, зокрема часу. – Знання принципів організації міждисциплінарних проєктів. – Особливості застосування досвідних методів у навчанні школярів. – Знання про ключові компетентності і гнучкі навички. <p>Технологічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Аналіз даних досліджень та експериментів. – Прогнозування ефективності та наслідків застосування технологій.
Діяльнісний	<p>Педагогічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Пошук/створення проєктів для організації колективної роботи. – Організація міжособистісного пізнавального спілкування і взаємодії. – Активне використання методів формуючого оцінювання. <p>Технологічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Самостійне опанування нових технологій. – Застосування нових технологій у професійній діяльності. – Планування та проведення досліджень, експериментів. – Виконання інженерних завдань (проєктування, конструювання та моделювання).
Ціннісно-мотиваційний	<p>Педагогічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Цінності і норми поведінки, які пов'язані з інтеграцією технологій і наукових досліджень в освітній діяльності. – Бачить себе в обраній професії, зокрема в професії вчителя. – Створення доступних дидактичних матеріалів спрямованих на підвищення мотивації до навчання. – Усвідомлення відповідальності за наслідки використання технологій. <p>Технологічна структурна складова</p> <ul style="list-style-type: none"> – Стежить за технологіями та розуміє їх роль у науково-технічному прогресі. – Має інтерес до можливого внеску в загальну справу, наприклад, створення технологічного рішення глобальної проблеми.

На основі узагальнення зазначених критеріїв та відповідних показників було встановлено рівні готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: *початковий, середній та високий*.

Так, *початковий рівень* – рівень засвоєння знань, базових наукових теорій – передбачає можливість майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін пояснювати нові спостережувані факти на основі засвоєних теорій. *Середній рівень* – рівень поглиблення знань, формування системи наукових знань – є основою наукової картини світу майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, включає вміння планувати експерименти, проводити спостереження, порівняння, опис. *Високий рівень* – рівень створення знань, теоретичних узагальнень – передбачає накопичення, аналіз і систематизацію фактів, експериментальних даних, а також спроби їх пояснити.

Таким чином, визначені критерії, показники й рівні є основою для оцінювання готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Розроблена структурно-функціональна модель системи підготовки майбутніх учителів географії до професійної діяльності в умовах трансформації освіти реалізована у вигляді відповідної педагогічної технології, яку розкрито в наступному розділі.

4.2. Організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Ефективність і результативність системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій досягається завдяки створенню відповідних організаційно-педагогічних умов.

Для кращого розуміння сутності організаційно-педагогічних умов як наукової категорії здійснимо аналіз сутності понять «умови» та «педагогічні умови», які є родовими поняттями для цієї категорії.

Так, поняття «умови» у словниках розглядається як «особливості реальної дійсності, за якими відбувається або здійснюється що-небудь; сукупність даних, положення, що лежать в основі чого-небудь» [199, с. 617]; «необхідні обставини, що уможливають здійснення, створення, утворення чого-небудь або сприяють чомусь» [47, с. 1506]; «зовнішні та внутрішні обставини, що сприяють або перешкоджають дії факторів розвитку, наприклад, готовність до діяльності, стимулююче середовище, матеріально-технічна й ресурсна забезпеченість тощо» [216, с. 154].

При цьому «умови» відображають взаємозалежність досліджуваного об'єкта від процесів та явищ, що його оточують і без яких його існування є неможливим [218].

Отже, поняття «умови» можна розуміти як обставини, що уможливають розвиток будь-якого процесу або перешкоджають йому.

Поняття «педагогічні умови» науковцями розглядається в контексті певної педагогічної діяльності.

Насамперед, педагогічні умови – це «сукупність заходів, спрямованих на забезпечення ефективності педагогічної діяльності» [273, с. 56]. Педагогічні умови – це також «обставини, від яких залежить успішність функціонування й розвиток певної педагогічної системи» [103, с. 23]. При цьому педагогічні умови – це обставини, які забезпечують найкращий взаємозв'язок між усіма складовими освітнього процесу й створюють атмосферу плідної співпраці між педагогами й студентами, що забезпечує ефективність викладання та керівництва навчальним процесом, а також успішне навчання студентів [225]. Не менш важливим є те, що педагогічні умови є «сукупністю об'єктивних й суб'єктивних чинників, що детермінують мету, завдання, зміст, форми і методи будь-якої освітньої

системи, а їх врахування забезпечить її ефективне функціонування» [287, с. 288].

Конструкт «організаційно-педагогічні умови» є складовою «педагогічних умов», що визначає особливості організації певного педагогічного процесу.

Насамперед, «організаційно-педагогічні умови» являють собою «сукупність об'єктивних можливостей для цілеспрямованого відбору, конструювання елементів змісту й організаційних форм навчання, а також моніторингу й корегування складових педагогічної системи для досягнення дидактичних цілей» [270]. Також «організаційно-педагогічні умови» є сукупністю об'єктивних, стійких обставин, що виявляються як вимоги освітнього середовища, які визначають хід і специфіку досліджуваного процесу, напрям на досягнення оптимально можливих результатів індивідуалізації навчання слухачів з урахуванням їхніх соціальних і моральних якостей [23].

Таким чином, поняття «організаційно-педагогічні умови» нами визначається як комплекс взаємопов'язаних та взаємозумовлених обставин, врахування яких забезпечить цілеспрямованість та ефективність процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Водночас організаційно-педагогічній умови як педагогічний конструкт мають відповідати таким вимогам: враховувати особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; позитивно впливати на його ефективність та бути необхідними й достатніми [135; 159; 232]. При цьому *необхідними* є ті умови, які вже виділялися щодо досліджуваного предмета, але не забезпечили повного вирішення проблеми дослідження, а *достатніми* умовами є ті, яких достатньо для її ефективного вирішення [156].

У контексті нашого дослідження важливого значення набуває праця В. Петрук [220], в якій розглядаються організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів природничо-математичних спеціальностей.

Так, перша організаційно-педагогічна умова – *створення педагогічного середовища формування стійкої мотивації майбутніх учителів до отримання природничо-математичних спеціальностей*, реалізується від показника – наявності інтересу до предмету та до навчання предмету (наприклад, математики) й до показника – наявності потреби в вивченні предмету та в навчанні предмету.

Психолого-соціологічні дослідження студентів педагогічних ЗВО показують, що далеко не всі студенти цілком свідомо обрали ту спеціальність, якій навчаються. Дослідники констатують, що їхня кількість, судячи з відвідування занять і з власних висловлювань про бажання вчитися, значна на першому курсі.

На другому курсі кількість студентів, що не бажають вчитися конкретній спеціальності, сягає апогею, відбувається «відсів» зовсім випадкових людей, які взагалі не знають, навіщо вони прийшли до цього ЗВО.

Потім кількість студентів, які кажуть, що вони обрали дану спеціальність випадково чи компромісно зменшується, на кінець четвертого – початок п'ятого курсу залишається дві-три людини на студентську групу, в яких проглядається явне емоційно-негативне ставлення до обраної спеціальності і до майбутньої роботи. Одночасно з цим у правильності обраного шляху впевнені лише троє чи четверо з усієї групи.

Одним із головних напрямів, що веде до поліпшення якості підготовки фахівця, є його готовність до самостійної творчої діяльності, що формується протягом навчання у вищому навчальному закладі. Самостійна робота студентів має спрямовуватися на реалізацію таких тісно пов'язаних завдань, як розвиток у студентів самостійності, вміння

здобувати знання та здатність самостійно використовувати ці знання у практичній діяльності.

Друга організаційно-педагогічна умова – *оптимізація* (спрямованість на освіту й самоосвіту протягом життя) *процесу здійснення студентами самостійної роботи на всіх етапах професійної підготовки на основі навчальних моделей поєднання інноваційних та традиційних методик організації навчання та самостійної аудиторної та позааудиторної роботи майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін.*

Одним із засобів оптимізації цього процесу є застосування інтерактивних методів навчання як складових навчальної моделі. Перевага застосування інтерактивних методів навчання проявляє себе у вирішенні всіх завдань навчання майбутніх учителів. В галузі дидактики це розширення кругозору, активізація пізнавальної діяльності, можливість застосування знань і вмінь на практиці, формування певних вмінь і навичок у професійній діяльності, розвиток або прищеплення вмінь реорганізації і систематизації та інше. У вихованні – розвиток самостійності, активності, волі, певних позицій, моральних і світоглядних установок, формування вмінь роботи у колективі (керувати і підкорятись), комунікативних якостей, навчання стосункам, психотерапії та інше. А головне, застосування цих методів навчання сприяє формуванню навичок самоосвіти, саморегуляції.

Третя організаційно-педагогічна умова – *створення інформаційно-освітнього середовища підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до здатності застосування сучасних, а в майбутньому оновлених, електронних освітніх ресурсів.* Ця умова без допомоги керівного складу ЗВО окремим викладачем та й кафедрою не може бути виконаною. Але розробити відповідні методичні матеріали застосування ІКТ, хоча б частково задіяти електронні освітні ресурси у викладанні дисциплін є можливим [220, с. 26-28].

При цьому, як зазначає В. Петрук, одним із найбільш перспективних шляхів удосконалення підготовки майбутніх спеціалістів, які можуть поповнити як ряди інженерів, так й викладачів спеціальних технічних дисциплін, є озброєння їх необхідними знаннями, практичними вміннями й навичками, у тому числі педагогічної діяльності є впровадження інноваційних методів навчання, які надають можливість зробити кожного студента безпосереднім учасником навчально-виховного процесу. Тому, завдання професорсько-викладацького колективу будь-якого закладу на сучасному етапі зводиться до того, щоб створити оптимальні умови надання максимальної допомоги студентам в їхній майбутній роботі за фахом.

Для набуття досвіду майбутній педагог має брати участь у процесі творчої, пошукової діяльності, тому що досвід творчої діяльності не можна передати розповідями, показами самого процесу, що здійснюються на очах студентів.

Отже, для розвитку творчих здібностей студентів необхідно задіяти їх у спеціально організований навчальний науково-пізнавальний процес, якій є моделлю наукового процесу пізнання. У цьому аспекті, використання інтерактивних методів навчання забезпечує заплановані результати, якщо студенти постають носіями конкретних ролей; імітаційно-ігрові ситуації створюють реальну обстановку, зміст будується на конкретному практичному матеріалі, який відображає зміст професійної діяльності, забезпечуючи поєднання навчання з професійним становленням майбутніх фахівців.

Виконання конкретних ролей зобов'язує студентів аналізувати й ухвалювати професійно значущі рішення, що підвищує рівень їх професійної компетентності, у тому числі й педагогічної [222].

На основі аналізу наукових джерел та виходячи з авторського бачення особливостей досліджуваного феномену, до необхідних і достатніх організаційно-педагогічних умов, що забезпечують ефективність

процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, зараховано такі:

1. Оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій.

2. Реалізація майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки.

3. Забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

Так, першою *організаційно-педагогічною умовою* є **оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін.**

Для реалізації цієї умови нами насамперед були враховані вимоги до навчального курсу відповідно до освітніх потреб студентів покоління Z та до вмінь, які є ключовими для XXI ст. [42; 161].

Ці вимоги наведено в табл. 4.2 і згруповано в три категорії: змістові, мотиваційні й організаційні.

Таблиця 4.2

Вимоги до навчального курсу відповідно до освітніх потреб студентів покоління Z

Група	Підходи
1	2
Змістові	<ul style="list-style-type: none"> – зміст курсу має відповідати рівню розвитку технологій і стимулювати студентів використовувати нові підходи у практичній діяльності; – зміст курсу відображає сучасні досягнення і тенденції у сфері розвитку науки й технологій та формує їх розуміння; – завдання повинні мати практичну значущість, а результат їх виконання має становити завершений продукт; – завдання має творчий характер і спрямоване на комплексне вирішення проблеми; – виконання кожного завдання проходить такі етапи: <ul style="list-style-type: none"> • постановка проблемного питання; • формулювання завдання дослідження; • планування роботи дослідження;

Продовження табл. 4.2

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> • формування гіпотези; • розподіл ролей; • реалізація плану дій; • вивчення теоретичного матеріалу; • виконання робіт; • тестування, аналіз результатів, перевірка гіпотези
Мотиваційні	<ul style="list-style-type: none"> – елементи курсу (завдання, опитування і т.д.) мають допомогти студенту побачити доступність новацій і відчутти себе успішним у STEM-дисциплінах; – зрозумілість критеріїв і вимог підготовки проєкту, його оцінювання і доступність усіх дидактичних матеріалів спрямовані на підвищення мотивації до навчання; – кожен виконаний проєкт має пройти публічну демонстрацію (захист, змагання). Демонстрація має бути заснована на критеріях оцінювання; – студенти повинні мати можливість впливати на розвиток курсу, висловлювати свої побажання щодо подальших проєктних робіт, рівня складності
Організаційні	<ul style="list-style-type: none"> – у курсі мають бути проєкти для організації колективної роботи; – активне використання методів формуючого оцінювання; – при відборі ресурсів для проведення занять враховувати: <ul style="list-style-type: none"> • відсутність реєстрації або її простоту; • функціональність; • легкість освоєння; • необхідність установки додаткового програмного забезпечення; • можливості використання в проєктній діяльності

З урахуванням цих вимог, а також відповідно до мети й завдань системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, нами було визначено такі напрями оновлення змісту професійної підготовки, що спрямовані на формування їх готовності до використання STEM технологій у професійній діяльності та відповідають освітнім потребам сучасних здобувачів освіти [402; 452; 480]:

1. Вдосконалення змісту інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування за рахунок введення окремих тем в робочі програми дисциплін, таких як «Вибрані питання програмування» та «Методика викладання інформатики», «Проектування інформаційно-освітнього середовища сучасної школи» для спеціальності «Середня

освіта. Математика», «Практикум з програмування» для спеціальності «Початкова освіта», а також розробка програми дисципліни за вибором «Освітня робототехніка» тощо.

2. Введення дисципліни «Основи робототехнічних систем» для освітнього рівня «магістр» (Додаток Г).

3. Введення дисциплін за вибором з робототехніки та STEM технологій для спеціальностей освітнього рівня «бакалавр» «STEM-освіта і робототехніка» (Додаток Д).

4. Створення дистанційного курсу для проведення семінарів для вчителів «Методика викладання робототехніки», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Впровадження елементів STEM-освіти у навчанні математики, фізики та інформатики», «Напрями проєктної діяльності в контексті STEM-освіти»; створення та наповнення банку STEM-розробок.

Також було створено курс «Основи робототехнічних систем» для студентів педагогічних спеціальностей. А курс за вибором «Освітня робототехніка» було запропоновано як дисципліну вільного вибору для всіх спеціальностей університету, у тому числі й педагогічних (Додаток Е).

Отже, реалізація першої умови забезпечить належну теоретичну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до створення, організації та реалізації проєктної діяльності власної та учнів ЗЗСО, заснованої на вирішенні реальних практичних завдань, які стоять у повсякденній діяльності або є глобальними викликами для людства.

Другою організаційно-педагогічною умовою є реалізація майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проєктів з робототехніки.

У ході виконання проєктної діяльності у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін формується цілісне уявлення про проблему як наукове комплексне завдання, що вимагає інтеграції знань з

різних галузей (наприклад: фізики, математики, географії, алгоритмізації, програмування) та має соціально значущу складову.

Зміст підготовки майбутнього вчителя до організації проєктної діяльності розглянуто в працях Ю. Веселової, М. Елькіна, Е. Кручай, Ю. Фільчакової та ін. У працях Н. Брюханова, Є. Литвиновського, Т. Яковенко та інших розглянуто окремі аспекти формування проєктувальних умінь у здобувачів освіти. І. Дмитрик, Г. Кіт, Є. Кузьміна та інші присвятили свої наукові дослідження окремим питанням підготовки майбутніх учителів до проєктування педагогічних процесів.

Майбутньому вчителю природничо-математичних дисциплін також важливо вміти формувати ключові компетентності в учнів відповідно до сучасного рівня технологічних досягнень і залучати їх до інноваційної діяльності. Для того, щоб робототехніка стала невід'ємною складовою навчального процесу, необхідно сформуванню у майбутніх учителів стійкий інтерес до її застосування і показати її переваги як універсального засобу навчання. Створення й проведення такого проєкту вимагає значної підготовки з боку студентів і викладача. Зміст навчального матеріалу, що задіяний у процесі реалізації проєкту, відповідає фундаментальним поняттям таких дисциплін/наукових розділів, як класична механіка та електроніка, теорія автоматів, програмування, математичне моделювання в програмі навчання майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. Процес підготовки та реалізації такого STEM-проєкту сприяє формуванню наукового підходу до вирішення проблем, технологічної грамотності, навичок використання сучасних цифрових технологій, інтегрованості наукових понять і розумінню міждисциплінарних зв'язків.

Створення STEM-проєктів базується на інтегрованому підході у взаємодії дисциплін (рис. 4.2). У шкільних навчальних планах з хімії, біології, фізики є можливість здійснення проєктної діяльності засобами робототехніки. Отже, інтеграція дисциплін відбувається в межах тем навчальних планів.

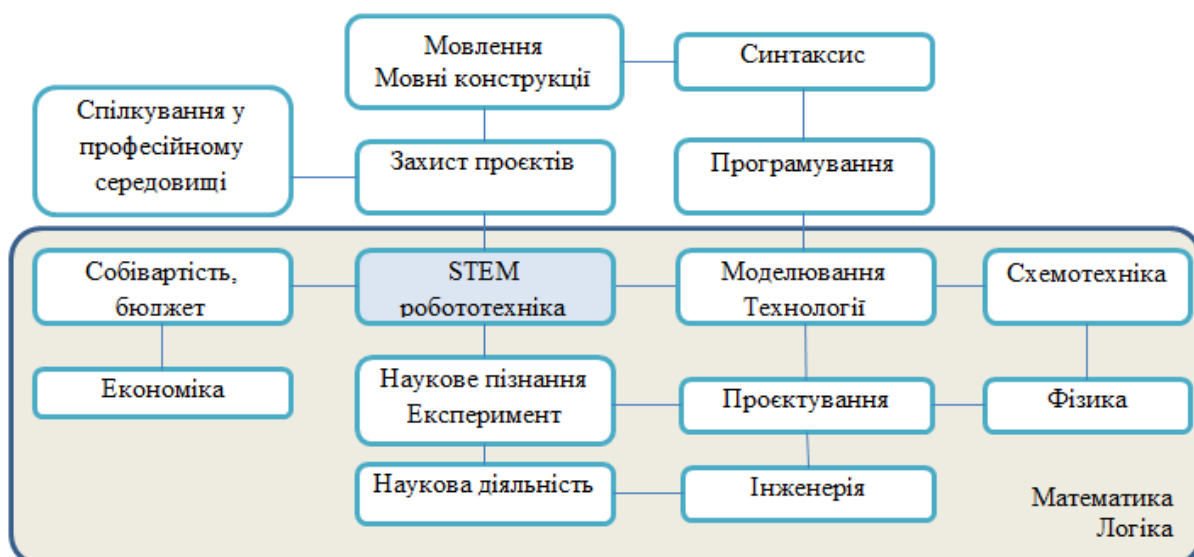


Рис. 4.2. Взаємозв'язки у STEM-проєктах з робототехніки

Навчально-дослідні (НДП) і проєктно-дослідні (ПДП) проєкти є необхідною складовою навчальних програм з фізики, інформатики, біології, географії та хімії.

Щоб проєктно-дослідна та науково-дослідна діяльність мала успіх, потрібна злагоджена робота цілого колективу (рис. 4.3).

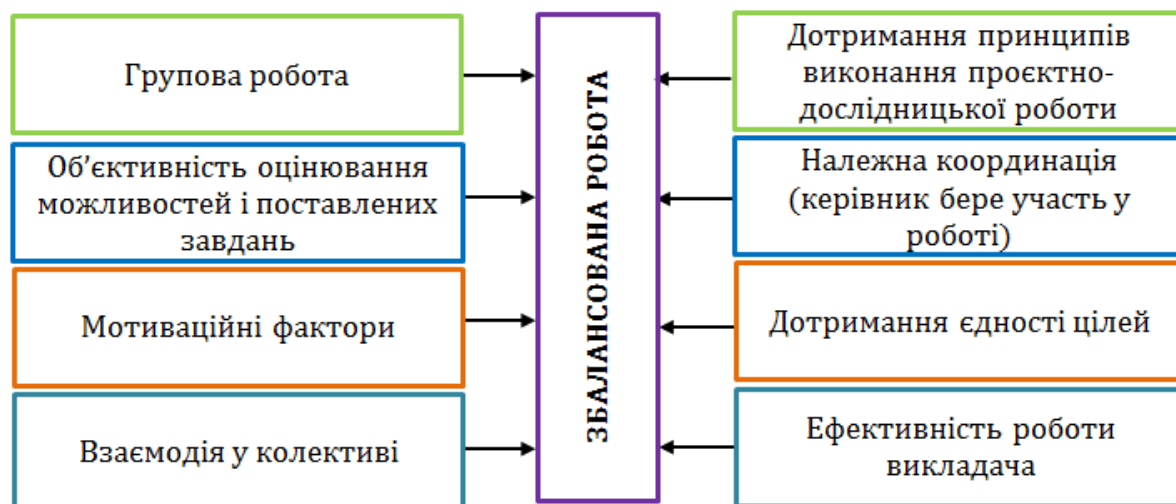


Рис. 4.3. Причинно-наслідкова діаграма злагодженої роботи у STEM-проєкті

Аналіз навчальних програм цих предметів в основній школі засвідчив, що кожна з них містить час, відведений на здійснення навчальних проєктів. У навчальному плані з хімії вказано назви деяких проєктів, в інших вибір тематики покладено на вчителя. Частина цих

проектів може бути реалізована із застосуванням робототехніки [407].
Наведемо приклади тем навчальних програм та пропоновані проекти до них (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Теми навчальних планів дисциплін та проекти з робототехніки

Клас	Дисципліни та теми навчального плану	Проекти з робототехніки
1	2	3
6-й клас	<p>Біологія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проекти за темою «Рослини». • Дослідження процесу росту вегетативних органів. • Спостереження за розвитком пагона з бруньки. • Дослідження умов проростання насінин. • Вибір видів кімнатних рослин для вирощування в певних умовах 	<p>Проект «Теплиця»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Контроль температури повітря. • Контроль вологості ґрунту
7-й клас	<p>Фізика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проекти за темою «Фізика як природнича наука». • Механічний рух. • Взаємодія тіл. Сила. <p>Хімія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проекти за темою «Склад речовини». • Проблема забруднення повітря та способи її розв'язування. • Поліпшення стану повітря у класній кімнаті під час занять. • Еколого-економічний проект «Зберігаючи воду – заощаджую родинний бюджет». <p>Біологія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проекти за темою «Різноманітність тварин». • Виявлення прикладів пристосувань до способу життя в комах. • Виявлення прикладів пристосувань до способу життя у представників різних екологічних груп птахів. • Визначення особливостей зовнішньої будови хребетних тварин у зв'язку з пристосуванням до різних умов існування 	<p>Проект «Розумний кран»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Автоматичне закривання кранів. • Контроль вологи. <p>Проект «Чисте повітря»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Газовий, радіаційний контроль повітря. • Сповіщення про небезпеку забруднення повітря. • Розрахунки заощаджених коштів в абсолютному, відносному, відсотковому вираженні. <p>Проект «Дослідження фауни»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Створення прототипу крила, плавника. • Створення прототипу комахи, риби

Продовження табл. 4.3

1	2	3
8-й клас	<p>Фізика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти за темою. • Теплові явища. • Електричні явища. Електричний струм <p>Хімія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти за темою «Будова речовин». • Використання кристалів у техніці. • Кристали: краса і користь. • Електроліти в сучасних акумуляторах. • Дослідження рН атмосферних опадів та їхнього впливу на різні матеріали в довкіллі. <p>Біологія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти за темою «Організм людини як біологічна система», «Опора та рух», «Зв'язок організму людини із зовнішнім середовищем. Сенсорні системи». • Вимірювання частоти серцевих скорочень. • Функції та будова скелетних м'язів. Робота м'язів. Втома м'язів. • Протезування. • Вимірювання тиску. • Сенсорні системи зору, слуху, смаку, нюху, рівноваги, руху, дотику, температури, болю 	<p>Проєкт «Розумне місто»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Безпечний пішохідний перехід. • Системи сповіщення. • Світлодіодне освітлення. • Симетрія кристалів. <p>Проєкт «Анатомія робота. Андроїд».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Датчики та принципи їх роботи. • Прототипування долоні
9-й клас	<p>Фізика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти. • Магнітні явища. • Світлові явища. • Механічні та електромагнітні хвилі. • Рух і взаємодія. Закони збереження класичної механіки. • Оптичні явища. • Звукові явища (інфразвук, ультразвук, звукові хвилі). • Радіоактивність. <p>Хімія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти за темою «Розчини хімічних реакцій. Органічні сполуки». • Альтернативні джерела енергії. • Екологічна ситуація в моїй місцевості: відчуваю, думаю, дію. • Радіоактивні речовини 	<p>Проєкт «Автономний транспорт».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рух транспорту за заданою траєкторією. • Дотримання ПДР. • Робот-всюдихід. • Проєкт «Складання найпростішого оптичного приладу», «Ефект Доплера». <p>Проєкт «Альтернативні джерела енергії».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Створення пристроїв на сонячних батареях, енергії вітру та хвиль. • Отримання вогню від сонця. • Робот-дослідник на допомогу вченим.

Продовження табл. 4.3

1	2	3
	<p>Біологія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальні проєкти за темою «Стабільність екосистем та причини її порушення». • Біосфера як цілісна система. • Захист і збереження біосфери, основні заходи щодо охорони навколишнього середовища. • Виявлення рівня антропогенного та техногенного впливу в екосистемах своєї місцевості. <p>Географія</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчальний проєкт за змістовою лінією «Екологічна безпека й сталий розвиток». • Раціональне й ощадне природокористування. • Обізнаність із екологічними проблемами; усвідомлення можливості їх розв'язування. • Збереження чистоти довкілля. <p>Відпрацювання навичок здорового способу життя (кулінарна географія, географія спорту, туристична логістика), безпечності поведінки (дорожній рух, пожежна безпека, військова логістика, конфліктологія), логістики (демографічні процеси, інфологістика)</p>	<p>Проєкт «Звуки в житті людини та тварини».</p> <p>Проєкт «Радіоактивна карта міста».</p> <p>Проєкт «Енергія вітру, води, сонця».</p> <p>Проєкт «Альтернативні джерела енергії».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Створення пристроїв на сонячних батареях, енергії вітру та хвиль. • Отримання вогню від сонця. • Робот-дослідник на допомогу вченим. <p>Проєкт «Радіоактивна карта міста та прилеглих територій».</p> <p>Проєкт «Підприємливість і фінансова грамотність».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Планування самоосвітньої, господарської діяльності. • Планування дослідної роботи. <p>Оцінювання власних підприємницьких можливостей</p>

Побудова будь-якого робототехнічного пристрою вимагає знань з трьох напрямів: механіка (побудова конструкції, визначення форми), електроніка (використання електронних схем і пристроїв, що керують механізмами), програмування (створення сценарію/правил дій реакції на зміну навколишнього середовища).

Аналіз проєктів з робототехніки і тем навчальних планів з біології, хімії та фізики виявив трансфер знань, що забезпечує міждисциплінарність проєктів із зазначених напрямів (табл. 4.4).

Важливою складовою проєктної діяльності є моделювання, яке розвиває критичне, системне, креативне, просторове мислення, мотивацію, забезпечує інтегрованість знань у предметній діяльності здобувачів освіти.

**Трансфер знань на різних етапах створення
робототехнічних систем**

	Фізика	Хімія	Біологія
Моделювання	<ul style="list-style-type: none"> • Створення механічної моделі. • Вибір механізмів, з'єднань 	<ul style="list-style-type: none"> • Придатність матеріалів. • Реакція матеріалів на умови навколишнього середовища, його зміни 	<ul style="list-style-type: none"> • Моделювання зовнішнього вигляду робота
Конструювання	<ul style="list-style-type: none"> • Створення електронної схеми. • Робота з електронними приладами 	<ul style="list-style-type: none"> • Вибір елементів живлення. • Висновки про динаміку процесів у речовині при різних формах випромінювання 	<ul style="list-style-type: none"> • Вплив різних форм випромінювання на навколишнє середовище, людей/тварин/ рослин
Програмування	<ul style="list-style-type: none"> • Врахування фізичних параметрів електронних приладів і датчиків. • Визначення фізичних параметрів (потужність, швидкість тощо). • Створення фізичної моделі 	<ul style="list-style-type: none"> • Визначення/контроль параметрів та динаміки процесів у речовині при різних формах впливу, зокрема випромінювання 	<ul style="list-style-type: none"> • Опис поведінки людей/тварин/ рослин. • Складання алгоритмів реакцій на зміни. • Визначення/ контроль фізіологічних параметрів людей/тварин/ рослин

Під час такої діяльності вони формують розуміння ціннісного ставлення до досліджуваного питання або явища, набувають індивідуального досвіду проєктної діяльності. Під час розробки стартапів здобувачі освіти під керівництвом викладача створюють проєкти, будують стратегію захисту змодельованих результатів. Серед назрілих напрямів проєктної діяльності найчастіше глобальні проблеми захисту довкілля, безпеки та пристосування людини в критичних умовах. Зауважимо, що опанування майбутніми учителями основ робототехніки, програмування передбачає три послідовні рівні складності навчальних проєктів (базові моделі, готові рішення та проєкти з відкритим рішенням) [481].

Перші два рівні передбачають надання готових інструкцій та зразків виконання завдання. Однак базові моделі, які становлять основу першого рівня, використовуються як частина більш складних проєктів другого та третього рівнів складності. Наведемо характеристики кожного з таких рівнів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Характеристика рівнів навчання проєктної діяльності

	I рівень – засвоєння знань	II рівень – поглиблення знань	III рівень – створення знань
Моделі	Робота з базовими моделями, поняттями	Робота над проєктами з готовим рішенням	Робота над проєктами з відкритим рішенням та власними проєктами
Характеристики проєкту	Проєкти з одним варіантом рішення. Проста конструктивна проблема, яка відображає потребу чи бажання, яка включає певні критерії успіху та обмеження на матеріали, час або вартість	Проєкти з кількома варіантами рішення. Створення та порівняння різних можливих рішень на основі проблеми	Проєкти з багатьма варіантами рішень. Аналіз даних тестів, щоб визначити схожість та відмінності між кількома технічними рішеннями для визначення найкращих характеристик кожного з них, які можна об'єднати в нове рішення, щоб краще відповідати критеріям успіху
Дії викладача	Викладач знає результат, способи його досягнення, помилки, які можуть виникнути	Викладач знає результат, способи його досягнення, помилки, які можуть виникнути	Викладач знає, який потрібен результат, але ще не було готового рішення, ще не визначені можливі помилки і шляхи досягнення результату
Дії студентів	Студенти створюють прототипи за шаблонами, спираючись на приклади свого життєвого досвіду	Студенти створюють свої конструкції з урахуванням вимог проєкту, шукають шаблони	Студенти мають постійно працювати з критеріями, порівнюючи їх з результатами, змінювати рішення, будувати шаблони

Рівень засвоєння знань є фундаментальним і реалізує формування знаннєвої основи майбутньої діяльності. Він характеризується вивченням конкретних технологій, створенням базових моделей проєктів під керівництвом та контролем учителя.

Рівень поглиблення знань проходить у формі практичних занять, лабораторних, проєктної діяльності з частковою допомогою учителя.

Важливою характеристикою третього рівня є використання проєктної діяльності, орієнтованої на самостійність і заснованої на вирішенні життєво важливих завдань. На цьому рівні використання довготривалих проєктів має ряд переваг: дозволяє виконання в реальних умовах або наближених до реальних; дає можливість організації співпраці з установами чи виробництвом, профорієнтаційної роботи; є час на відпрацювання багатьох гіпотез; відбувається більш детальний розгляд теми та більш глибокий аналіз отриманих результатів.

Для того, щоб забезпечити інтегрованість, кожен проєкт являє собою вирішення комплексної проблеми, важливої соціально, економічно, екологічно. Наведемо декілька прикладів проєктів зі збереження та відновлення навколишнього середовища, а також дисципліни і варіанти їх інтеграції (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Приклади проєктів

Проєкти	Дисципліни
Проблема відходів. Зелена енергетика. Нафтопродукти. Очищення водою. Розумна теплиця. Розумний будинок. Метеостанція тощо	<ul style="list-style-type: none"> • Природознавство – інформація про види, кількість, переробку сміття, класифікації. • Фізика – енергія, її види, механіка та електроніка (відповідно до тем), атмосферний тиск. • Хімія – неорганічна хімія, розчини, сполуки, хімічні реакції. • Біологія – клітина, рослина, фотосинтез, функції листка, запилення, запліднення. • Географія – атмосфера, біосфера, материки, океани, корисні копалини, сторони горизонту, екологічні проблеми у світі. • Математика – встановлення зв'язку між вхідними та вихідними даними, побудова математичних моделей. • Інформатика – обробка числових даних. • Технології – утилізація і переробка сміття, виготовлення авторського паперу (інших виробів). Виготовлення енергозберігаючих пристроїв та пристроїв очистки. • Економіка – собівартість пристроїв, бюджет проєкту. • Соціальна та здоров'язбережувальна галузь – представлення свого проєкту на виставках та фестивалях, представництво в іноземних заходах, спілкування у професійному середовищі

Кожен з цих проєктів може бути масштабовано відповідно до рівнів навчання учнів – технологічна грамотність, поглиблення знань, створення знань. Створення навчального робототехнічного проєкту потребує проходження таких етапів:

1) постановка проблемного питання;

2) формулювання та дослідження проблеми, пошук технічного рішення – на цьому етапі відбувається теоретичне й експериментальне моделювання реальності і пошук технічного рішення порушеної проблеми;

3) планування роботи дослідження. На цьому етапі може бути створено команду роботи над проєктом. Відбувається вивчення теоретичного матеріалу. Після цього відбувається формування гіпотези і розподіл ролей для виконання завдання;

4) реалізація плану дій. Створення робототехнічної системи – це етап проведення дослідження технічного рішення, його проєктування, створення та апробація. На цьому етапі створюється конструкція, складаються механічні й електричні вузли. Виконання цього пункту передбачає тестування, аналіз результатів, перевірку гіпотез за кожною з таких складових:

– моделювання – на цьому етапі відбувається вибір матеріалів для конструкції, обґрунтування надійності обраної схеми з'єднання деталей, створення інструктивної схеми складання конструкції. На цьому етапі вирішується питання про функціонал, ергономіку та інтерфейс майбутньої конструкції. Це впливає на такі аспекти технічного рішення, як зручність, безпека і простота використання. Невід'ємною складовою цього етапу є дизайн зовнішнього вигляду;

– конструювання, створення прототипу – механіка, електроніка. На цьому етапі відбувається збір функціональних вузлів, складання конструкції. Важливим є тестування конструкції та внесення змін у конструкцію, у випадку необхідності;

– програмування – середовище розробника, етап створення алгоритмів функціонування, написання/коректування програми, тестування моделі;

5) обмін результатами – етап представлення своєї роботи, складання звітної документації, оцінювання власних результатів.

Кожен з цих етапів має окремий план робіт, відповідно до обраного проєкту, який вимагає обізнаності у різних галузях знань, а також теоретичного обґрунтування та експериментальних підтверджень. Але в більшості проєкти з робототехніки сприймаються як проєкти для вчителів фізики, інформатики або технологій, оскільки вивчення робототехніки базується на елементарних знаннях з фізики, створення пристроїв пов'язане з вивченням роботи датчиків, електричними схемами, механікою пристрою та надійністю конструкцій [183].

На противагу усталеній думці про робототехнічний проєкт, як проєкт суто з інформаційних технологій чи фізики, наведемо приклад трансферу знань з фізики, хімії та біології на різних етапах створення таких систем. Розглянемо приклад такої взаємодії дисциплін у проєкті «Розумний кран» на кожному з етапів реалізації:

1. Моделювання. Фізика – визначити конструкцію крану, для контролю руху води; хімія – визначення матеріалів для конструкції; біологія – визначити безпечність рішення для людей/тварин конструкції та її використання.

2. Конструювання, створення прототипу. Фізика – створення конструкції; хімія – визначення рівня домішок у воді та вирішення питання про уникнення мінералізації; біологія – встановлення ергономічності виробу.

3. Програмування. Фізика – побудова розрахункової моделі, алгоритми розрахунку навантажень; хімія – визначення і контроль граничних хімічних показників, алгоритми уникнення небезпечних з'єднань; біологія – контроль відповідності стандартам і характеристикам.

Рівень взаємодії і внеску кожної дисципліни у різних проєктах буде відрізнятися. Також будуть відрізнятися види діяльності на кожному з етапів реалізації STEM-проєкту з робототехніки. Внаслідок цього формуються ключові компетентності учнів, зокрема:

1. Математична компетентність – встановлення зв'язку між вхідними та вихідними даними, логічна цілісність, математичні обчислення величин (пропорції, відсотки, щільність тощо), побудова математичних моделей, аналіз даних.

2. Компетентності в галузі природничих наук. Екологічна компетентність – створення конструкцій та систем для рослинництва й тваринництва. Створення проєктів, що спрямовані на збереження та відновлення навколишнього середовища.

3. Компетентності в галузі техніки і технологій – розрахунки швидкості руху, кута повороту, пройденого шляху, надійності, розмірів та пропорцій конструкцій, архітектура тощо.

4. Інноваційність – вирішення існуючої проблеми новими способами, створення прототипів.

5. Інформаційно-комунікаційна компетентність – використання хмарних рішень, прикладних програм, мобільних додатків при плануванні, виконанні, тестуванні систем.

6. Підприємливість (діловитість, заповзятливість, винахідливість, практичність, енергійність) та фінансова грамотність – розрахунки собівартості пристроїв, економічного ефекту, бюджету, проєкту.

7. Наскрізнi компетентності: навчання впродовж життя, культурна компетентність, вільне володіння державною мовою, здатність спілкуватися іноземними мовами, громадянські та соціальні компетентності – робота над проєктом не тільки в рамках уроку, а й участь у позашкільній діяльності (фестивалі, змагання, хакатони, панельні дискусії, майстер-класи тощо). Представлення свого проєкту широкому

загалу, презентація на виставках та фестивалях, представництво в іноземних заходах, спілкування у професійному середовищі.

Наведемо **приклад довготривалого проєкту** побудови транспортного засобу з автономним керуванням, який був реалізований студентами для участі у змаганнях Robotraffic [185, 350]. Процес створення моделі проходив такі етапи [39]:

1. Вивчення правил змагань та визначення технічних характеристик транспортного засобу. Цей етап проєктної діяльності є організаційним. Для його реалізації потрібно:

– визначити тему і мету проєкту: у цьому випадку тема – створення автономного транспорту, а мета – взяти участь у змаганнях і досягти максимального результату. Стисло сформульоване технічне завдання: створити автономний роботизований транспортний засіб (ТЗ), здатний самостійно пересуватися по лінії (не залишаючи свою смугу руху) і бути частиною моделі міського транспортного руху, дотримуючись правил дорожнього руху (ПДР);

– формулювання проблеми – слід уважно вивчити правила змагань та звернути увагу на особливості їх проведення. Створення такого проєкту складається з двох взаємопов'язаних процесів: побудова фізичної моделі – до транспортного засобу висуваються технічні вимоги; програмування моделі – описуються правила поведінки в тих чи інших ситуаціях. Також потрібно врахувати вимоги оточуючого середовища. Наприклад, для побудови моделі міського транспортного руху мають бути використані світлофори, дорожні знаки, модель пішохода.

2. Огляд сучасних систем автономного керування автомобілем та вивчення рівнів автономності керування.

Це етап планування діяльності і визначення засобів реалізації проєкту. На цьому етапі розглядаються існуючі системи автономних автомобілів та приймається рішення щодо технології, яка буде використана для реалізації автономного керування, здійснюється огляд та

аналіз існуючих систем напівавтономного керування автомобілем та їх функцій від провідних виробників. Наприклад, розглядаються такі технології:

- камери спостереження – візуальне виявлення об'єктів, наприклад, дорожньої розмітки та знаків;

- радари (RADAR – Radio Detection And Ranging) – визначення перешкод і об'єктів попереду і позаду, а також визначення відстані до них. Це система виявлення, яка використовує радіохвилі для визначення дальності, висоти, напрямку руху і швидкості об'єктів. Радари дають змогу автомобілю «бачити» досить далеко для того, щоб завчасно реагувати на швидкі зміни на автострадах;

- лазерний далекомір (LIDAR, Light Detection And Ranging) схожий на радар, але є набагато чіткішим і дає змогу виявляти об'єкти навколо автомобіля (повний огляд 360 градусів);

- штучний інтелект (Artificial intelligence) – обробляє дані з камер і сенсорів, керує автомобілем і приймає рішення.

Розглядаються також різні рівні автоматизації. Спільнотою автомобільних інженерів (Society of Automotive Engineers, SAE) було дано визначення терміна «режим водіння», який означає «тип сценарію з характерними вимогами до динамічного водіння» (наприклад, злиття швидкісних автомагістралей, крейсерна швидкість, низькошвидкісна пробка, водіння на закритій території тощо). Ознайомлення з таким матеріалом дає змогу сформуванню поняття про стандарти розробки технічних засобів та програмних продуктів. Ознайомлення зі стандартами дає можливість професійного оцінювання власних результатів діяльності і формує технологічну грамотність.

Порівняння формальних стандартів SAE дає поняття технологізації суспільства і ступеня змін, які відбуваються з розвитком технологій: при переході від рівня SAE 2 до SAE 3 водій (людина) більше не повинен контролювати навколишнє середовище. У SAE 3 водій все-таки несе

відповідальність за втручання, коли його просила зробити це автоматизована система. У SAE 4 водій звільняється від цієї відповідальності, а в SAE 5 автоматизована система ніколи не буде вимагати втручання.

3. Розробка та створення моделі. Конструювання транспортного засобу й тестування моделі.

Цей етап реалізації проєкту є головним у розробці автономної моделі. У рамках створення моделі автономного безпілотного транспорту для руху по лінії необхідно, перш за все, ознайомитися з процесами розробки, створення, налаштування та експлуатації роботизованих систем, які є прототипами систем, що будуть реалізовуватися в реальних умовах з метою скорочення кількості автомобільних аварій.

На цьому етапі йде розробка технічної бази створення моделі, підбір комплектуючих, означення закономірностей, які допоможуть досягнути максимального результату. Розробляється апаратна архітектура моделі, вивчаються базові поняття схемотехніки, вивчення принципів програмування мікроконтролерів і створення проєктів з їх застосуванням.

Головною проблемою при реалізації такого проєкту є проблема регуляції швидкості: з одного боку, швидкість має бути максимальною, для швидкого проходження траси; з іншого боку, надмірна швидкість не дає змоги транспорту дотримуватися ПДР або рухатися лінією. Ця частина проєкту стала дослідною і потребувала випробовування кількох гіпотез. При створенні моделі виникла проблема регуляції швидкості ТЗ та визначення поточної швидкості. На основі вивченого матеріалу було прийнято рішення про фіксацію факту обороту датчиком. Для вирішення цього завдання було розглянуто кілька гіпотез і проведено досліди, за допомогою яких можна здійснити цю операцію. Кожна з гіпотез була перевірена, а результати проаналізовані.

4. Програмування автономного руху автомобіля по лінії з дотриманням ПДР.

На цьому етапі розглядаються такі алгоритми руху автономного автомобіля, як дискретні системи керування та пропорційне керування. Алгоритми дискретного керування базуються на керуванні моторами відповідно до показань датчиків лінії, які налаштовуються в ході емпіричних досліджень. Використання пропорційного керування вимагає розрахунків для формування керуючого сигналу на основі трьох додатків, перший з яких пропорційний різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), другий – інтеграл сигналу неузгодженості, третій – похідна сигналу неузгодженості.

Для прийняття рішень щодо ПДР за результатами датчиків може бути використаний апарат теорії автоматів. Кінцевий автомат (FSM – Finite-state machine) – це модель обчислень, заснована на гіпотетичній машині станів. В один момент часу тільки один стан може бути активним. Отже, для виконання будь-яких дій машина має змінювати свій стан.

Кінцеві автомати зазвичай використовуються для організації та подання потоку виконання будь-яких дій. Це особливо корисно при розробці штучного інтелекту у комп'ютерних іграх або в системах управління.

Кінцевий автомат можна подати у вигляді графа, вершини якого є станами, а ребра – переходи між ними. Кожне ребро має мітку, яка інформує про те, коли має відбутися перехід. Цей метод було обрано для реалізації логіки управління транспортним засобом, який має дотримуватись правил дорожнього руху.

У результаті здійсненого проекту студентами було створено модель транспортного засобу з автономним керуванням, яка пройшла випробовування і взяла участь у змаганнях. Ними було проведено емпіричне дослідження поняття автономності транспортних засобів: збір інформації про різні реалізації автономного руху та систем, які його підтримують, розробка варіантів реалізації автономного руху з використанням різних апаратних засобів, експериментальна робота з

перевіркою гіпотез про придатність того чи іншого варіанта системи автономного керування, тестування й оцінювання роботи транспортного засобу.

Отже, реалізація другої умови забезпечить ефективну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій та формування ними ключових компетентностей учнів ЗЗСО.

Третьою організаційно-педагогічною умовою є забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії у професійному середовищі.

Існують різні види соціальної взаємодії та взаємодії у професійному середовищі [96; 332].

У праці [441] така діяльність представлена як соціальна взаємодія. На думку авторів, міждисциплінарне дослідження – це командне дослідження, що зумовлює соціальну взаємодію між дослідною командою, щоб дисциплінарні перспективи могли взаємодіяти. Тому для процесу фактичного досягнення інтеграції задіяні як соціальні, так і пізнавальні елементи. У праці було подано чотири соціально-пізнавальних типи групового навчання:

– спільні групи навчання – результатом роботи групи є спільна інтелектуальна власність групи. У такій групі неможливо виділити конкретних фахівців – група є експертом;

– моделювання – це структура, у якій не потрібно будувати всю дослідну групу. Вона може бути імпортована безпосередньо зі сторонніх джерел. Враховує індивідуальний внесок кожного у формування нової інтелектуальної групи;

– переговори серед експертів – на відміну від загального групового навчання, проведення переговорів не робить членів команди експертом у всіх аспектах проєкту. Переговори серед експертів не є домінуючою

основою інтеграції. Ефективна інтеграція потребує суттєвого відображення включення результатів до всіх експертних аналізів членів команди;

– інтеграція за лідером – структура передбачає комунікаційну схему, в якій проблему визначає лідер на основі експертизи членів команди. Цей тип взаємодії підходить більше до багатопрофільних груп.

Для реалізації цієї умови у Херсонському державному університеті (ХДУ) створено STEM-школу, чотирирічний досвід роботи якої показує, що взаємодія на всіх рівнях навчального процесу між учасниками є головним фактором успішного навчання [183; 405].

Наведена модель освітнього середовища STEM-школи демонструє взаємодію між всіма учасниками освітнього процесу (Рис. 4.). Така модель повністю реалізує структуру взаємодії всіх учасників в освітньому STEM-середовищі, що була подана раніше.

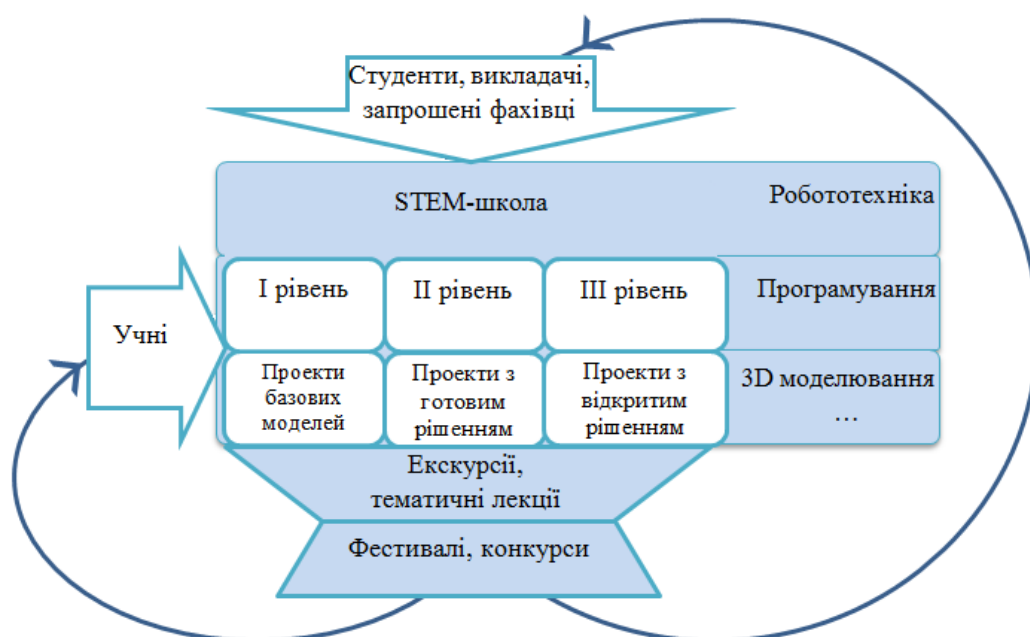


Рис. 4.4. Модель освітнього середовища STEM-школи

На базі STEM-школи організовано проведення занять для дітей шкільного віку з основ програмування та робототехніки. Такий вибір дисциплін зумовлений перспективністю вказаних напрямів для STEM-освіти і напрямами досліджень авторів [438; 206]. Слід зауважити, що вибір навчальних предметів не обмежуються вказаними. Наприклад,

організація «Міжнародна зелена школа» [177] проводить STEM-навчання на основі програм з мейкерства.

Крім занять з дітьми, на базі STEM-школи проводяться інші види роботи, які реалізують представлену структуру взаємодії усіх учасників освітнього STEM-простору:

- проведення занять та екскурсій для учнів;
- проведення семінарів з підвищення кваліфікації для вчителів;
- залучення студентів педагогічних спеціальностей до практичної діяльності в рамках проведення занять для дітей;
- залучення молоді до науково-технічної творчості через організацію та участь у змаганнях та фестивалях;
- залучення провідних фахівців, успішних людей до спілкування з учнями та студентами через організацію тематичних лекцій та ін.

Завданнями STEM-школи є:

- підтримка наукової, технічної та інженерної складової у неформальній освіті школярів і студентів;
- розширення доступності природничих та інженерних лабораторій для школярів, студентів, учителів і викладачів, доступ до сучасного обладнання та інноваційних програм;
- мотивація учнів старших класів до продовження навчання у науково-технічній та інженерній сферах;
- популяризація винахідницької та науково-дослідної діяльності;
- проєктно-орієнтоване навчання школярів та студентів під керівництвом молодих учених та інженерів;
- збільшення кількості школярів, майбутніх абітурієнтів, які виявляють інтерес до технічної творчості, нових технологій, програмування, досліджень у суміжних галузях;
- формування експертної спільноти у галузі впровадження STEM-освіти, у т.ч. підвищення кваліфікації учителів та викладачів за напрямом STEM-освіти, зокрема робототехніки.

Сьогодні ця STEM-школа працює над створенням умов для адаптації та впровадження інноваційних програм, створених за участю магістрантів, аспірантів, вчених Херсонського державного університету, провідних ІТ-компаній, підприємств, в програми додаткової освіти школярів та навчальні програми ХДУ.

Отже, реалізація третьої умови допоможе забезпечити активність майбутніх учителів природничо-математичних у ході навчання та їх залучення до активного обговорення та вирішення проблем, пов'язаних із застосуванням STEM технологій у подальшій професійній діяльності.

4.3. Комплексно-методичне забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій

Велику роль в організації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій відіграє комплексно-методичне забезпечення, що потребує визначення нормативно-правової основи, інформаційного та матеріально-технічного забезпечення освітнього процесу.

Тому в ході підготовки до застосування STEM технологій в професійній діяльності майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін ознайомлюються з методичними рекомендаціями, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами освітнього процесу ЗЗСО.

Насамперед відбувається їх ознайомлення з «Типовим переліком засобів навчання та обладнання навчального і загального призначення для кабінетів природничо-математичних предметів загальноосвітніх навчальних закладів» [243], який у 2020 р. планується оновити з урахуванням вимог до матеріально-технічного забезпечення, необхідного для впровадження STEM-освіти.

Не менш важливим є ознайомлення майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з методичними рекомендаціями щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України, підготовленими Інститутом модернізації змісту освіти. Відповідно до цих рекомендацій, одним із найбільш поширених і перспективних засобів реалізації STEM-освіти є конструктори, робототехнічні системи, моделі, вимірювальні комплекси та датчики, лабораторні прилади, електронні пристрої (3D-принтери, комп'ютери, цифрові проектори, проекційні екрани різноманітних моделей, оверхед-проектори, копії-дошки, інтерактивні дошки, документкамери, проекційні столики тощо) [170]. Їх використання надає здобувачам освіти змогу здійснювати проектну та дослідну діяльність, реалізувати завдання моделювання різноманітних процесів і явищ та усвідомлено формувати якісно нові трансдисциплінарні знання.

Визначення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін перспектив розвитку STEM-освіти в Україні відбувається на основі ознайомлення зі «Стратегією розвитку інформаційного суспільства в Україні» [250], одним із етапів реалізації цієї стратегії у 2013–2020 рр. є створення та застосування суперкомп'ютерних систем, зокрема на основі грид- та «хмарних» технологій, що зумовлює необхідність формування нової інформаційної інфраструктури і переосмислення інформаційного освітнього простору.

Разом з нормативними актами майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін ознайомлюються з дидактичним забезпеченням STEM-освіти.

Насамперед, це *STEM-ігри*, які ефективно доповнюють традиційне навчання в природничо-науковій і технічній сферах. Їх мета – допомогти школярам і студентам подолати прірву між навчальними завданнями і справжньою діяльністю вченого й інженера.

Для навчальної STEM-гри характерні такі ознаки [65]:

- залучення провідних спеціалістів вищих навчальних закладів, науковців, експертів з різних галузей промисловості та економіки, досвідчених інженерів, розробників, конструкторів до розробки гри;
- адаптованість для використання різними віковими групами (діти, учні, студенти);
- можливість для вчителів бачити результат і контролювати освітній процес;
- можливість самоконтролю для учнів;
- забезпечення поєднання теорії та практики;
- реалізація міждисциплінарного підходу;
- отримання учасниками гри сильних емоцій, що забезпечує глибоке занурення в STEM-дисципліни [65].

STEM-ігри – це моделі геології й атмосфери, екології та астрофізики, а іноді – цілих планет. STEM-ігри ознайомлюють здобувачів освіти з процесами виробництва, особливостями проєктної діяльності, поєднують уяву з інноваціями тощо. Взаємодіючи з ними, здобувач освіти сам обирає стратегію досліджень або перебудови світу, тобто діє як самостійний дослідник, конструктор, що сприяє формуванню його зацікавленості у подальшому вивченні STEM-дисциплін, а також у виборі майбутньої професії у STEM-галузі.


Наступним елементом комплексно-методичного забезпечення, з яким ознайомлюються майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін у ході підготовки до застосування STEM технологій у професійній діяльності, є *вебресурси для підтримки STEM-освіти*.

Проведений аналіз інформаційного простору Інтернету засвідчив, що сьогодні вже існує ряд вебресурсів для підтримки STEM-освіти, однак їх інтерфейс переважно англomовний або російськомовний. Далі наведемо перелік деяких з цих ресурсів (табл. 4.7).

Приклади он-лайн сервісів для STEM-освіти

Назва, адреса сайту і зображення сторінки	Короткий опис
1	2
<p>Microsoft-Makecode https://www.microsoft.com/en-us/makecode </p>	<p>Платформа містить проекти з використанням робототехніки і програмування на базі micro:bit та Lego EV3. Для вчителя є повністю розроблені дидактичні матеріали для проведення занять. Англomовний ресурс. Розраховано для дітей від 8 років</p>
<p>Microsoft Education https://www.microsoft.com/en-us/education/education-workshop/activity-library.aspx </p>	<p>Платформа містить проекти для вчителів природничо-математичних дисциплін. Можна обрати проекти для вирішення глобальних проблем: виживання в космосі, екологічна безпека тощо. Є розроблені покрокові інструкції. Англomовний ресурс. Розраховано для дітей від 8 років</p>
<p>Американська космічна агенція http://www.nasa.gov/ </p>	<p>Безкоштовні та творчі уроки, а також стратегії навчання і використання ресурсів, покликані викликати інтерес у учнів в області STEM</p>
<p>Спробуй себе інженером http://www.tryengineering.org </p>	<p>Матеріали розраховані на дітей від 8 років, а також для дорослих – батьків і педагогів. На ресурсі знаходиться інформація про інженерні професії і можливість кар'єрного зростання в цьому напрямі. Також є можливість в ігровій формі зайнятись конструюванням, проектуванням, проведенням дослідів і експериментів. В англomовній версії є більше варіантів ігор</p>
<p>mSchools – mSTEAMS https://msteam.mschools.com/ </p>	<p>Сайт містить дидактичні матеріали для проведення STEM-уроків для дітей. Матеріали розраховані як для навчання учнів, так і для вчителів. Ресурс англomовний</p>
<p>Вчителі пробують науку http://www.teacherstryscience.org/ </p>	<p>На сайті розміщено ресурси для проведення STEM-уроків, стратегії навчання і ресурси, які покликані викликати інтерес учнів до наукових досліджень. Також сайт має інструменти для спільної роботи викладачів та обміну досвідом. Англomовний ресурс</p>

Продовження табл. 4.7

1	2
<p>Go Lab https://www.golabz.eu</p> 	<p>Ресурс містить велику кількість онлайн-лабораторій та інтерактивних додатків для розробки й виконання завдань з використанням STEM-підходів. Також містить матеріали для навчання програмуванню. Англomовний ресурс</p>
<p>Scientix http://www.scientix.eu/</p> 	<p>Онлайн-платформа містить оголошення про заходи з інновацій та матеріали для проведення занять вчителями природничо-математичних дисциплін</p>
<p>MakerHub http://makerhub.org/3d-models-to-download/</p> 	<p>Ресурс з великою кількістю шаблонів для 3D друку та ідеями для проведення занять з мейкерства. Український ресурс</p>
<p>Makeblock Education https://education.makeblock.com</p> 	<p>Сайт створено для поширення практик використання конструкторів mBlock. Зібрані дидактичні матеріали для вчителів з STEM-освіти та програмування. Розраховано для дітей від 8 років</p>
<p>Arduino-Diy http://arduino-diy.com</p> 	<p>Український ресурс. Містить проекти з робототехніки. Є покрокові інструкції створення робототехнічних систем Arduino із зазначенням комплектності, прикладами коду й технічними характеристиками приладів. Розраховано на дітей від 12 років</p>
<p>МАНЛаб http://manlab.inhost.com.ua</p>  <p>МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ</p>	<p>Лабораторний комплекс Національного центру «Мала академія наук України». Містить матеріали – демонстрації фізичних дослідів, методичні розробки, відеозаписи експериментів, лекцій</p>
<p>Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр https://stemua.science/</p>	<p>Містить інформаційно-технологічне забезпечення дослідної роботи, навчального процесу, віртуальні моделювальні середовища та приклади дослідних робіт</p>

У складі комплексно-методичного забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності також є *електронні віртуальні лабораторії*.

Електронна віртуальна лабораторія – це комплекс програм, за допомогою яких імітують виконання лабораторних робіт в лабораторії. Освітні інтерактивні роботи дають змогу учням проводити віртуальні експерименти з фізики, хімії, біології, екології та інших предметів як у двовимірному, так і в тривимірному просторі [148].

На сьогодні створено велику кількість віртуальних лабораторій, які можна застосувати для викладання природничо-математичних дисциплін:

– VirtuLab (www.virtulab.net) – за допомогою програми можна змінювати деякі параметри перебігу дослідів і бачити зміни, що відбуваються залежно від встановлених параметрів;

– Interactive Simulations (<http://phet.colorado.edu>) – програма моделювання окремих дослідів із встановленням різних параметрів їх перебігу і вибору інструментарію для їх проведення;

– Yenka (<http://www.yenka.com>) – віртуальна лабораторія зі створення 2-d та 3-d моделей, демонстрацій та інструментарію для проведення лабораторних робіт з математики, фізики, хімії, технології та програмування;

– Virtual Chemistry Laboratory (<http://chemcollective.org/applets/vlab.php>) – віртуальна лабораторія, що являє собою інтернет-моделювання лабораторії хімії. Лабораторія дає змогу студентам обрати необхідні реагенти і маніпулювати ними в манері, що нагадує справжню лабораторію.

Цікавим елементом комплексно-методичного забезпечення, з яким також ознайомлюються майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін у ході підготовки до застосування STEM технологій у професійній діяльності, є *музеї науки*.

Музеї науки – музеї, присвячені демонстрації наукових відкриттів, досягнень, експериментів і популяризації науки. Сучасним трендом є включення експонатів, що є цікавими науковими явищами й містять інтерактивний компонент. Багато сучасних музеїв науки включають демонстрацію технічних досягнень і, таким чином, є науково-технічними музеями.

Серед найбільш відомих: Лондонський музей науки (www.sciencemuseum.org.uk), Науковий центр NEMO в Амстердамі (www.e-nemo.nl), Музей CosmoCaixa в Барселоні (<https://obrasociallacaixa.org/>), Deutsches Museum в Мюнхені, Музей «Евріка» в Вантаа (Фінляндія) (<http://www.heureka.fi>), Місто науки і техніки в Парижі (<http://www.cite-sciences.fr>) та ін.

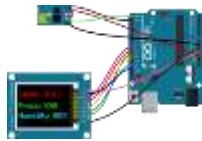
Такі музеї є і в Україні, зокрема музей популярної науки і техніки «Експериментаніум» у Києві (<http://www.experimentanium.com.ua/>) та аналогічний «Музей цікавої науки» в Одесі (<http://min.od.ua/>). У них розміщено близько 250 інтерактивних експонатів, які демонструють наукові закони чи природні явища. Постійна експозиція має розділи: механіка, акустика, оптика, електромагнетизм, інтелектуаніум. У музеях є чимало оптичних ілюзій, лазерний та дзеркальний лабіринти, ігрові експонати, яких не тільки можна, але й потрібно торкатися, рухати, експериментувати.

Проте найбільшу зацікавленість у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін викликають **робототехнічні конструктори**, що також є елементом комплексно-методичного забезпечення їх підготовки до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

На сьогодні існує більше ніж десять робототехнічних систем: серія Lego Education, micro:bit, BrainPad, Fischertechnik, Makey Makey, Robo Wunderkind, платформа Arduino, Codey Rocky, mBot, Neuron, MotionBlock та багато інших. Порівняльну характеристику деяких з конструкторів подано в табл. 4.8.

Порівняльна характеристика освітніх робототехнічних конструкторів

Система	Вік	Особливості	
		переваги	недоліки
1	2	3	4
Dash & Dot 	5 +	<ul style="list-style-type: none"> - деталі виготовлені з пластику; - легкість монтажу; - просте програмування; - середовище розробника 	<ul style="list-style-type: none"> - налаштування пристроїв не можна змінити простими методами; - залежність від одного виробника
LEGO Education WeDo 2.0 	5 +	<ul style="list-style-type: none"> - деталі виготовлені з пластику; - просте конструювання; - просте програмування; - середовище розробника; - існує методичне забезпечення 	<ul style="list-style-type: none"> - налаштування пристроїв не можна змінити простими методами; - невелика кількість сенсорів у базовій комплектації (2); - залежність від одного виробника; - відсутність методичного забезпечення українською мовою
LEGO Education Mindstorms EV3 	10 +	<ul style="list-style-type: none"> - деталі виготовлені з пластику; - велика кількість деталей; - просте конструювання; - просте програмування; - середовище розробника, безкоштовне; - існує методичне забезпечення, безкоштовне 	<ul style="list-style-type: none"> - налаштування пристроїв не можна змінити простими методами; - порівняно невелика кількість сенсорів (7); - залежність від одного виробника; - відсутність методичного забезпечення українською мовою
Makeblock 	8 +	<ul style="list-style-type: none"> - деталі виготовлені з алюмінію; - легке з'єднання пристроїв і датчиків; - середовище програмування Scratch-подібне та безкоштовне; - є можливість програмування в IDE 	<ul style="list-style-type: none"> - немає комплексних навчальних матеріалів; - залежність від одного виробника; - мала кількість методичного забезпечення українською мовою
Brain Pad 	8+	<ul style="list-style-type: none"> - можливість створювати системи контролю мікроклімату; - параметри пристроїв налаштовуються в програмному середовищі; - не потрібне з'єднання пристроїв і датчиків; - проста програмна установка (підходить для новачків); - вільне IDE та Scratch-подібне середовище, програмування на 6 мовах 	<ul style="list-style-type: none"> - мала кількість пристроїв на платі; - додаткові пристрої потребують вмілого підключення; - мала кількість пінів для підключення пристроїв; - немає комплексних навчальних матеріалів; - код бібліотек не оптимізований

1	2	3	4
Arduino 	12 +	<ul style="list-style-type: none"> - можливість створювати будь-які робототехнічні системи; - параметри пристроїв налаштовуються в програмному середовищі; - легке з'єднання пристроїв і датчиків; - проста програмна установка (підходить для новачків); - безкоштовне IDE та Scratch-подібне середовище програмування; - існують онлайн-симулятори пристроїв 	<ul style="list-style-type: none"> - потрібні знання основ схемотехніки; - немає комплексних навчальних матеріалів; - код бібліотек не оптимізований; - мала кількість методичного забезпечення українською мовою

Крім робототехнічних наборів, які пропонуються зарубіжними виробниками, існує можливість використовувати розробки таких навчальних комплексів від українських виробників:

– IT-інтегратор (<https://it-integrator.ua/solution/steam>) – компанія, яка представляє комплексні технологічні проєкти моделювання (розумний будинок, розумна теплиця, автоматична метеостанція, автоматизований маніпулятор, мобільна платформа, автоматизований плотер) та дидактичні комплекти для проєктно-технологічного навчання (3D моделювання та 3D графіка, моделювання, конструювання, фрезерування, голографічне навчальне відео, моделювання, дослідження, робототехніка);

– I-home (<http://ihome.org.ua>) – комплект дає змогу вивчати IoT і містить дидактичні матеріали до вивчення курсу. Компанія здійснює технічний супровід впродовж використання;

– Boteon (<https://boteon.com>) – науково-технологічна організація неформальної освіти, розробляє матеріали для STEM-уроків як робототехнічних, так і без використання робототехніки.

Таке комплексно-методичне забезпечення процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування

STEM технологій у професійній діяльності створює можливості для активного впровадження ідей STEM-освіти в освітній процес ЗЗСО та сприяє ефективній підготовці майбутніх учителів.

Висновки до четвертого розділу

Узагальнення результатів визначення організаційно-методичних засад побудови системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності дає підстави зробити такі висновки:

1. Розроблена структурно-функціональна модель є графічним відображенням нашого бачення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

У розробленій авторській структурно-функціональній моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій нами виділено: *проективно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну підсистеми.*

Проективно-цільова підсистема авторської структурно-функціональної моделі відтворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією підготовки, сукупністю принципів підготовки, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя, а також методичним забезпеченням, які в сукупності визначають теоретико-методологічні засади і спрямування процесу підготовки майбутніх

учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Організаційно-діяльнісна підсистема авторської моделі відтворює основні етапи, їх завдання та організаційно-педагогічні умови, у яких необхідно реалізувати процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Аналітично-результативна підсистема розробленої структурно-функціональної моделі відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки майбутніх учителів вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

2. На основі проведеного аналізу наукових джерел, авторського бачення особливостей досліджуваного феномену до необхідних і достатніх організаційно-педагогічних умов, що забезпечують ефективність процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, нами віднесено: 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій; 2) реалізація майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки; 3) забезпечення у ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії у професійному середовищі.

3. Визначення комплексно-методичного забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності потребує деталізації нормативно-правової основи, а також матеріально-технічного й інформаційного забезпечення освітнього процесу.

Насамперед у ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній

діяльності визначається його нормативно-правове забезпечення, що включає методичні рекомендації, положення, інструкції та інші нормативні акти, що детермінують освітній процес у ЗЗСО.

Разом з нормативними актами майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін ознайомлюються з інформаційними, дидактичними та методичними засобами для впровадження STEM-освіти, зокрема це: STEM-ігри, вебресурси для підтримки STEM-освіти, електронні віртуальні лабораторії, музеї науки, а також робототехнічні конструктори.

Основні результати розділу опубліковано у працях [37; 38; 42; 44; 148; 405; 479; 481].

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РОБОТА З ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОРСЬКОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ

У розділі висвітлено методику організації дослідно-експериментальної роботи з перевірки ефективності авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Описано хід констатувального, формувального та контрольного етапів педагогічного експерименту. Подано результати статистичного аналізу, що засвідчує ефективність авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

5.1. Методика організації дослідно-експериментальної роботи

Педагогічний експеримент з перевірки ефективності авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності був проведений протягом 2015–2020 рр. і до нього були залучені педагогічні колективи та студенти Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДПУ), Бердянського державного педагогічного університету (БДПУ), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (ВДПУ), Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (ЛНУ), Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди (ХНПУ), Класичного приватного університету (КПУ) (м. Запоріжжя).

Основними характеристиками проведеного експериментального дослідження були:

– мета: перевірка дієвості системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (здобувачів освіти бакалаврського ступеня) до застосування STEM технологій;

– загальна гіпотеза: рівень підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін покращиться, якщо навчання буде розглядатись як синергетична система інтеграції теорії, практики та застосування STEM технологій шляхом використання інтегрованих методів, форм, засобів навчання, а також створення організаційно-педагогічних умов;

– завдання: апробація запропонованої системи роботи з метою перевірки часткових емпіричних гіпотез: а) рівень параметрів умінь здобувачів освіти (доцільність, результативність, варіативність, вмотивованість тощо) залежить від структури організації навчання, занять і використання інтегративного підходу до викладання дисциплін; б) підбір адекватних завдань для кожного заняття сприяє формуванню цілісної системи умінь, навичок;

– склад учасників: 378 студентів;

– етапи експерименту: констатувальний, формувальний та контрольний;

– методи: теоретичні й емпіричні методи дослідження, а саме аналіз психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, державного стандарту базової та повної загальної освіти, навчальних програм з математики та інформатики біології, фізики, хімії, навчальних планів і шкільних підручників, освітніх програм підготовки майбутніх учителів, ресурси проєктної діяльності у мережі. Крім цього, ми використали такі методи: обсерваційні методи (пряме, опосередковане, включене спостереження за процесом навчання) для дослідження STEM-діяльності, бесіди зі здобувачами освіти природничо-математичних спеціальностей,

які уможливили визначення рівнів застосування STEM технології у фаховій підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у ЗВО за виділеними нами критеріями; моделювання; анкетування, інтерв'ювання майбутніх учителів – для виявлення проблем у навчанні; тестування – на етапі діагностики компетентностей здобувачів освіти на початку впровадження нововведень та на етапі визначення їхньої ефективності; аналіз модульних, контрольних, екзаменаційних робіт з метою визначення рівня сформованості їхньої STEM-компетентності; комплексні експериментальні методи (констатувальний та формувальний експерименти) – з метою перевірки ефективності запровадженої системи підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій; статистичні методи – збір даних та обробка результатів (якісний, кількісний, статистичний аналіз).

Виділення вихідних теоретичних положень дослідження, наявність необхідних експериментальних матеріалів дало змогу організувати і провести педагогічний експеримент з апробації розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

На практиці діагностика рівня підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій складна в оцінюванні та має різні підходи. Говорячи про діагностику оцінювання рівня підготовки, ми відштовхуємося від поняття педагогічної діагностики, яку розуміємо як процес зіставлення реального стану сформованих компетентностей, а також знань, умінь, навичок конкретного здобувача освіти зі змістом моделі його STEM-компетентності.

Така методика запропонована Т.Д. Якимович [324]; згідно з нею враховано варіативність, плановість, контрольованість, результативність та інші параметри, а також розроблено критерії досягнень. У розробленій шкалі оцінювання показників відображено критерії-показники,

інтенсивність їхнього прояву (у балах) та рівень розвитку (високий, середній, низький).

Експериментальне навчання було організовано за принципом поступового розширення контингенту студентів та охоплювало три основних етапи, кожен з яких мав свою специфіку.

На *першому етапі* (2015–2016 рр.) було підготовлено та проведено констатувальний експеримент з проблеми дослідження стану та виявлення проблем підготовки майбутніх учителів до виконання професійних обов'язків, визначення їх академічної та професійної спрямованості, мотивацій, очікувань від освітнього процесу, які є складовою проблеми дослідження.

Мета цього етапу експерименту – встановити рівень та виявити недоліки сформованості загальних умінь в інноваційних технологіях, готовності до застосування їх у професійній діяльності, викладанні інтегрованих курсів. На цьому етапі уточнювалась структура готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, визначались критерії та показники для визначення ефективності системи підготовки майбутніх учителів, проводилось опитування студентів для встановлення рівня володіння інформаційними технологіями та мотиваційної складової.

На цьому етапі також було проведено порівняння освітніх бакалаврських програм навчання вчителів спеціальностей 014.04 Математика та 014.09 Інформатика ХДУ, ХНПУ та МДПУ. Було виокремлено групи дисциплін, які належать до дисциплін фахової підготовки, педагогічно-психологічної підготовки, та дисципліни соціально-гуманітарного спрямування. Серед фахових дисциплін було виокремлено такі, що пов'язані з технологіями та можливістю інтегрованого навчання. Результати порівняння наведено в табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1

**Порівняльний аналіз освітніх програм спеціальності
«Інформатика» (станом на 2015 р.)**

Групи дисциплін/ЗВО (інформатика)	ХНПУ	ХДУ	МДПУ	Δ%
Технології	21,7%	20,4%	43,8%	23,4%
Інтегрованість	10,1%	11,3%	13,4%	3,3%
Інші	68,2%	68,3%	42,8%	25,5%

Таблиця 5.2

**Порівняльний аналіз освітніх програм спеціальності
«Математика» (станом на 2015 р.)**

Групи дисциплін/ЗВО (математика)	ХНПУ	ХДУ	МДПУ	Δ%
Технології	10,8%	15,9%	9,9%	6,0%
Інтегрованість	8,7%	5,5%	4,5%	4,2%
Інші	80,5%	78,6%	85,6%	7,0%

Як бачимо, є досить великі розбіжності між окремими групами дисциплін (до 25,5%) у різних ЗВО, що є причиною різних рівнів підготовки. Особливо велику різницю видно у спеціальності «Інформатика». Така ситуація можлива у випадку дотримання наукових традицій та підходів, які склалися, а також у разі наявності відповідних наукових шкіл у конкретному закладі вищої освіти.

Проведений аналіз дисциплін засвідчив, що в освітніх програмах є дисципліни, у межах яких може бути використано інтегрований підхід та застосовано інноваційні технології. До таких дисциплін, у першу чергу, належать дисципліни на зразок «Інформаційних технологій» або «Програмування». Також кожна зі спеціальностей має дисципліни вивчення методики викладання за предметами, у межах яких теж є можливість використання цифрових технологій та проектної діяльності, проте таких дисциплін суттєво не вистачає.

Паралельно з цим встановлювалися причини недоліків у сформованості загальних умінь проведення інтегрованих курсів та застосуванні інноваційних технологій у професійній діяльності.

Для цього було застосовано спеціалізовані методики (Додатки Ж–К), сукупність яких наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Емпіричні методи дослідження готовності
майбутніх учителів до застосування STEM технологій**

№	Показники	Засоби діагностики / Шкала вимірювань
1	Ціннісно-мотиваційний компонент	
А	Педагогічні	Опитувальник за методикою «Мотиви вибору професії» (за Р. Овчаровою). Опитувальник за методикою К. Замфіра в модифікації А.О. Реана (Додаток Ж). Шкала Лайкрафта Рівні високий ($\geq 75\%$), середній (50–74%), початковий ($\leq 49\%$)
Б	Технологічні	Анкета вхідного опитування (Додаток И) Рівні: високий ($\geq 75\%$), середній (50–74%), початковий ($\leq 49\%$)
2	Діяльнісний компонент	
А	Педагогічні	Анкета вхідного опитування (Додаток И), досягнення, перемоги у конкурсах, змаганнях, публікації та науково-дослідна робота студентів. Рівні: високий (високі показники продуктивності), достатній (поодинокі результати), початковий (показники продуктивності відсутні)
Б	Технологічні	Анкетування, опитувальник, спостереження, аналіз результатів діяльності. (Додаток К) Високий (21 і більше), середній (11–20), початковий (1–10)
3	Знансвий компонент	
А	Педагогічні	Академічна успішність з дисциплін Рівні: високий ($\geq 75\%$), середній (50–74%), початковий ($\leq 49\%$)
Б	Технологічні	Методика А. Лачинса на гнучкість розуму. Високий ($k \geq 0,5$; пластичність); низький ($k < 0,5$; ригідність) Власна методика за Лачинсом (Додатки И, К). Високий ($\geq 75\%$), середній (50–74%), початковий ($\leq 49\%$) рівні
4	Опрацювання результатів констатувального експерименту	Методи математичної статистики (Додаток)

Крім цього, впродовж першого етапу досліджувались стан та проблеми підготовки майбутніх учителів до виконання професійних обов'язків, визначення їх академічної та професійної спрямованості, мотивацій, очікувань від освітнього процесу.

З цією метою серед студентів спеціальностей 014.04 Математика та 014.09 Інформатика було проведено опитування (Додаток II) [403]. Воно було спрямоване на встановлення рівня сформованості ціннісно-мотиваційної, діяльнісної та знаннєвої компонент.

На цьому етапі дослідження нами було розроблено анкету, метою якої було встановлення мотиваційних установок студентів до професії вчителя та усвідомлення ролі технологій у майбутній діяльності. Анкета містила три блоки запитань:

– перший блок запитань містив запитання про загальну інформацію (напрямок діяльності, стаття), причини вибору спеціальності, оцінювання навичок, які необхідні в професійній діяльності;

– другий блок запитань анкети включав запитання про ставлення студентів до технологій, інтегрованих занять та до інновацій;

– третій блок запитань містив запитання щодо ставлення до наукових досліджень, рівня наукових знань та пошуку наукової інформації.

Розроблена анкета дала змогу дослідити чинники мотивації навчання студентів та їхній науковий світогляд. Анкетування було організоване з використанням форм Google, що дало можливість швидко її поширити та організувати відповідний доступ і збір інформації.

Для визначення ефективності методичної системи було розроблено критерії – знаннєві, діяльнісні, ціннісні – та показники, що визначають рівні сформованості готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

На *другому етапі* (2016–2018 рр.) було виділено головні аспекти проблеми дослідження (методологічний, психолого-дидактичний, науково-методичний), сформульовані концепція, робоча гіпотеза й завдання

дослідження, виділено методи та форми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, розроблено модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Все це сприяло проведенню експерименту для виділення основних напрямів удосконалення форм роботи з організації навчально-пізнавальної діяльності в цій сфері.

Недостатня наявність матеріалів та наукової бази зумовили потребу в проведенні уточнень та узагальнень результатів проведеного експерименту, що становило основу *третього* етапу (2018–2019 рр.). При цьому зверталась увага на формування у здобувачів освіти відповідної готовності до застосування STEM технологій.

На формувальному етапі в експериментальній групі було проведено вдосконалення змісту інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування. На спеціальності 014 Середня освіта (Математика) було введено окремі теми до робочих програм дисциплін «Методика викладання інформатики», «Проектування інформаційно-освітнього середовища сучасної школи», «Вибрані питання програмування». На спеціальності 013 Початкова освіта розроблено «Практикум з програмування», для усіх педагогічних спеціальностей програму дисципліни за вибором «Освітня робототехніка».

Для освітнього рівня «магістр» до навчального плану спеціальностей 014 Середня освіта (Математика), 014 Середня освіта (Інформатика) і 014 Середня освіта (Фізика) було введено дисципліну «Основи робототехнічних систем» (Додаток Г). Для освітнього рівня «бакалавр» до навчальних планів усіх педагогічних спеціальностей було введено дисципліну за вибором «STEM-освіта і робототехніка» (Додаток Д).

Для студентів природничо-математичних спеціальностей та учителів дисциплін природничо-математичного циклу було створено та впроваджено дистанційні курси для проведення семінарів: «Методика

викладання робототехніки», «Організація науково-дослідної діяльності в контексті STEM-освіти», «Впровадження елементів STEM-освіти у навчанні математики, фізики та інформатики», «Напрями проєктної діяльності в контексті STEM-освіти». Створено банк STEM-розробок, який постійно поповнюється новими розробками.

Для студентів педагогічних спеціальностей природничо-математичного спрямування було створено курс «Основи робототехнічних систем», у якому було реалізовано вимоги до завдань, що спрямовані на формування STEM-компетентностей. Ці вимоги були згруповані у три категорії – змістовні, мотиваційні та організаційні.

Розроблений курс було апробовано з майбутніми учителями: математики, фізики та інформатики (ФКНФМ) – 196 осіб, біології, екології (ФБГЕ) – 68 студентів, технологій (ФТСО) – 29 осіб, перекладознавства (ФП) – 31 студент, початкової школи (ПФ) – 54 особи. У процесі створення курсу ми ставили перед собою таку мету: навчити майбутнього вчителя проєктній діяльності за допомогою робототехнічних систем і онлайн-інструментів, набути науково-педагогічного досвіду задля підготовки до оволодіння сучасними технологіями наукових досліджень та дослідної діяльності засобами STEM технологій відповідно до запитів сучасного суспільства.

Для цього було обрано освітні робототехнічні системи, які можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні інформатики, біології, фізики та ін., організували роботу студентів зі створення й участі в створенні проєктів. При цьому нами було використано і враховано стратегії роботи з поколінням Net.

Для всіх спеціальностей (у тому числі й педагогічних) було розроблено курс за вибором «Освітня робототехніка» (Додаток Е). Для цього на ресурсі Херсонського державного університету ksuonline.ksu.ks.ua створено відповідний дистанційний курс.

Студенти експериментальної групи були залучені до роботи у STEM-школі, створеній у Херсонському державному університеті для дітей шкільного віку. Для цієї школи була розроблена модель освітнього середовища, що спрямована на взаємодію усіх учасників освітнього процесу.

З метою перевірки ефективності розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій було проведено *контрольний етап* педагогічного експерименту. Для організації експерименту з генеральної сукупності було обрано студентів спеціальностей 014 Середня освіта («Математика», «Фізика», «Інформатика» та «Біологія»). На цьому етапі експериментального дослідження було проведено перевірку доцільності запропонованих заходів для побудови системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, а також ефективності її впровадження. Також проведено аналіз отриманих статистичних результатів та здійснено їх інтерпретацію.

5.2. Результати пілотного дослідження щодо виявлення проблем професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін

З метою вивчення сучасного стану та виявлення проблем підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування інноваційних технологій, рівня викладання інтегрованих курсів, а також визначення їх академічної та професійної спрямованості нами було проведено пілотне дослідження шляхом опитування, у якому взяли участь 378 студентів спеціальностей 014 Середня освіта («Математика», «Фізика», «Інформатика» та «Біологія»).

Слід зауважити, що оскільки експеримент планувався ще в 2015 р., то в перших анкетах ми проводили опитування відносно питання

підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування інформаційно-комунікаційних технологій, і планування інтегрованих курсів. У подальшому, після коригування теми, дослідження анкети було адаптовано до STEM-освіти.

Анкета була поділена на декілька логічних блоків: особистий досвід навчання та володіння технологіями, наявність забезпечення та планування майбутньої діяльності, мотиваційні чинники.

Запитання, спрямовані на встановлення особистісної діяльності, визначення наявності інструментальної бази й академічного досвіду застосування форм та засобів навчання: «Які форми навчання були у студентів в університеті?»; «Які види роботи з дітьми ви плануєте/проводите у своїй професійній діяльності (як вчитель-предметник)?»; «Чи брали Ви участь у проведенні інтегрованих занять?»; «Чи є у Вас в університеті заняття з інформаційних технологій?»; «Оцініть наявність ресурсів для навчання інформаційним технологіям у Вашому закладі?»; «У яких заходах Ви хотіли б брати участь/берете участь?».

Запитання щодо особистісного досвіду навчання були спрямовані на визначення особистісної інформованості: «Що, на вашу думку, являє собою інтегроване навчання?»; «Як Ви вважаєте, які властивості притаманні інтегрованому навчанню?», «Поєднання яких напрямів, на Вашу думку, є найкращими до застосування інтегрованого навчання, найкраще його описують?», «Оберіть назву теми, з якої б Вам було цікаво зробити інтегроване заняття із застосуванням інформаційних технологій», «Які дисципліни може охоплювати ця тема?».

Запитання третьої групи були спрямовані на встановлення ціннісно-мотиваційного компонента у професійній діяльності майбутніх учителів: «Оцініть значущість використання комп'ютерних технологій у Вашій професії»; «Оцініть навички, які будуть потрібні Вам у професійній діяльності»; «Який Ваш рівень обізнаності з питань STEM-освіти?», «Що

вплинуло на Ваш вибір спеціальності?», «Чи плануєте Ви продовжувати навчання в магістратурі?»).

Кожне із запитань мало декілька варіантів відповідей і можливість написати свій варіант. Для визначення рівня використовувалась шкала Лайкрафта (в оцінних запитаннях).

Аналіз результатів особистісної діяльності засвідчив, що більшість студентів мають малий академічний досвід участі у видах роботи, які відрізняються від класичних лекційно-практичних. На запитання стосовно форм проведення занять, які найчастіше проводилися, були отримані очікувані відповіді про проведення лекційних, практичних і лабораторних занять, також студентами старших курсів були вказані такі види діяльності, як конференції й конкурси студентських робіт (рис. 5.1).

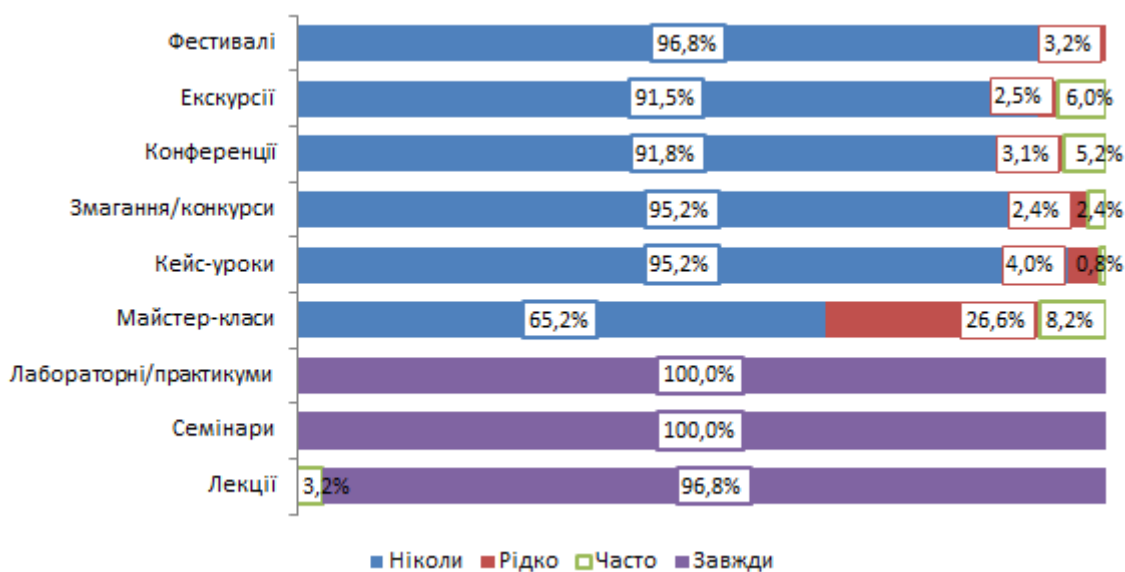


Рис. 5.1. Відповіді на запитання щодо форм занять, які відвідували студенти

На запитання «Чи брали ви участь у проведенні інтегрованих занять?» частина студентів відповіли, що як учасники були зайняті в таких заняттях (Рис. 5.2). Окремо вони зазначили, що це переважно були заняття в період шкільного навчання. Однак більшість студентів не змогли пригадати занять інтегрованого типу. Слід зауважити, що частина студентів (3,7%) вже мали досвід викладання, оскільки були

старшокурсниками і планували після закінчення бакалавріату продовжити свою діяльність у школах. Особистісний досвід майбутнього вчителя впливає на подальший вибір педагогічного впливу.

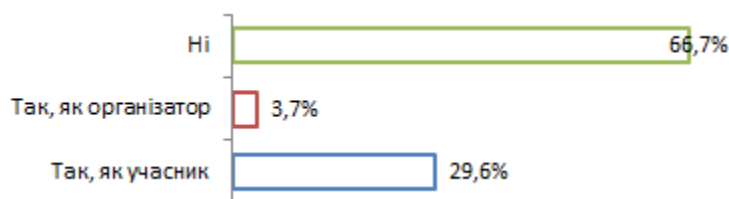


Рис. 5.2. *Відповіді на запитання щодо досвіду проведення інтегрованих занять*

На запитання «Які види роботи з дітьми Ви плануєте/проводите у своїй професійній діяльності (як вчитель-предметник)?» можна було обрати декілька варіантів відповідей або написати свій. Серед запропонованих варіантів як форми традиційної системи освіти вказувались і такі види діяльності, як екскурсії на виробництво, проведення наукових досліджень.

Як видно з результатів, поданих на рис. 5.3, наслідуючи свій досвід навчання, більшість студентів обрали традиційні підходи до викладання матеріалу й контролю знань.

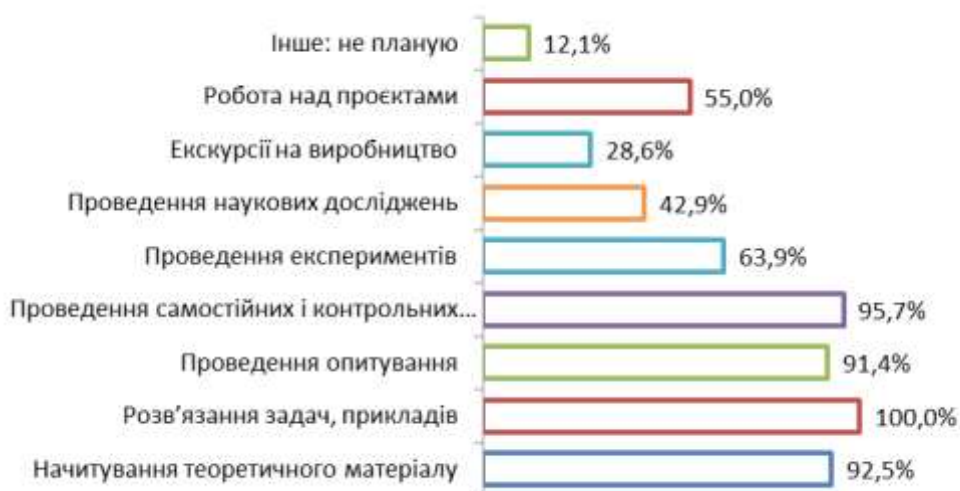


Рис. 5.3. *Відповіді на запитання про плановані види діяльності*

Частково відповіді зумовлені напрямом діяльності і впливом специфіки спеціальності. Проте частина студентів все ж планують професійний розвиток у паралельних напрямках своєї діяльності.

Наявність курсів з інформаційних технологій в освітніх програмах відзначили всі учасники опитування (рис. 5.4). Частково ці курси були включені в освітні програми молодших курсів, частково цей курс доповнювався виконанням курсових робіт та в додатковий час у вигляді гуртків.

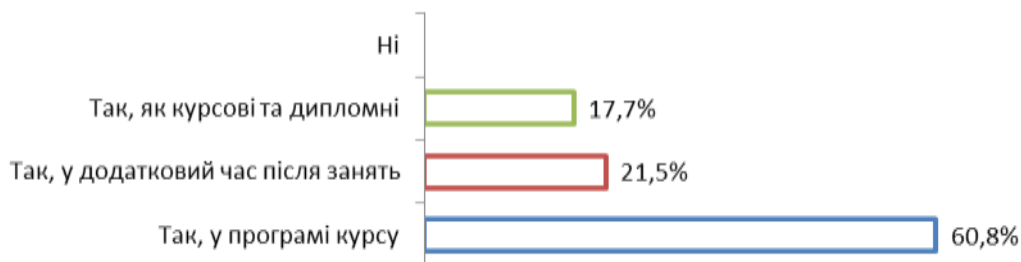


Рис. 5.4. Відповідь на запитання щодо наявності курсу з інформаційних технологій

Запитання щодо наявності технічних ресурсів для навчання інформаційним технологіям у закладі дало змогу зрозуміти, чи будуть зумовлені результати опитування вільним доступом до комп'ютерів, мережевих ресурсів та цифрових засобів (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Оцінювання наявного ресурсного забезпечення

Результати опитування засвідчили, що переважна більшість має доступ до цифрових носіїв. Тільки дві відповіді були із запереченням наявності вільного доступу до техніки. Проте суттєво не вистачає організаційної та методичної підтримки.

Наступне запитання спрямоване на визначення активності самого респондента «У яких заходах Ви хотіли б брати участь/берете участь?». На це запитання можна було обрати декілька відповідей (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Відповіді на запитання щодо участі в заходах

Студенти виявили себе досить активними: тільки 26,7% з них не цікавилися активностями і не брали участі в заходах. Більшість же показало себе активними: 55% засвідчили пасивну готовність брати участь у заходах і 23,3% були активними учасниками заходів. Серед відповідей пункт «інтегровані заняття» більшість студентів позначили як «цікавий», але зазначили про відсутність досвіду. Відповіді на це запитання корелюються з відповідями на запитання про досвід проведення інтегрованих занять.

Група запитань про інформованість у технологіях та інтегративному навчанні мала на меті встановлення його сприйняття і бачення його можливостей.

На запитання «Що, на Вашу думку, являє собою інтегроване навчання?» можна було обрати декілька відповідей (рис. 5.7). Складність такого навчання відзначили близько половини респондентів: відповідь про те, що це навчання з підвищеним рівнем складності, обрали 44,2% і 58,6% відповіли, що до нього потрібно багато готуватись. Але більшість обрали ставлення до інтегрованого навчання як нового й технологічного 89,9% та як до можливості поєднання різних дисциплін – 83,1%.



Рис. 5.7. *Відповіді на запитання щодо інтегрованого навчання*

Запитання «Як Ви вважаєте, які властивості притаманні інтегрованому навчанню?» передбачало вибір одного з кількох варіантів відповідей або надавало можливість запропонувати свій варіант (рис. 5.8).



Рис. 5.8. *Відповіді на питання про характеристики інтегрованого навчання*

На перше місце студенти ставили особистісні досягнення: найбільший відсоток отримали варіанти відповідей «Робота в команді» (96%) і «Важливий результат – знання» (90,2%). Середні бали отримали категорії, які потребували знань у галузі. Декілька студентів (2,1%) не визначилися з відповіддю.

У запитанні «Поєднання яких напрямів, на Вашу думку, є найкращим для застосування інтегрованого навчання» потрібно було обрати кілька варіантів поєднання предметів (рис. 5.9).



Рис. 5.9. Відповіді на запитання щодо поєднання предметів в інтегрованому навчанні

Переважаючі респонденти обирали інформатику (28,9%), працю (Технології) (21,6%), фізику (16,5%). Хімія та природознавство набрали менше голосів, оскільки, найімовірніше, більша частина респондентів мали спеціальності «Математика» та «Інформатика».

На запитання «Оберіть назву теми, з якої Вам було б цікаво зробити інтегроване заняття із застосуванням інформаційних технологій» потрібно було обрати одну тему або написати свою, яка зацікавила студентів для написання проекту з інтегрованої дисципліни (рис. 5.10).

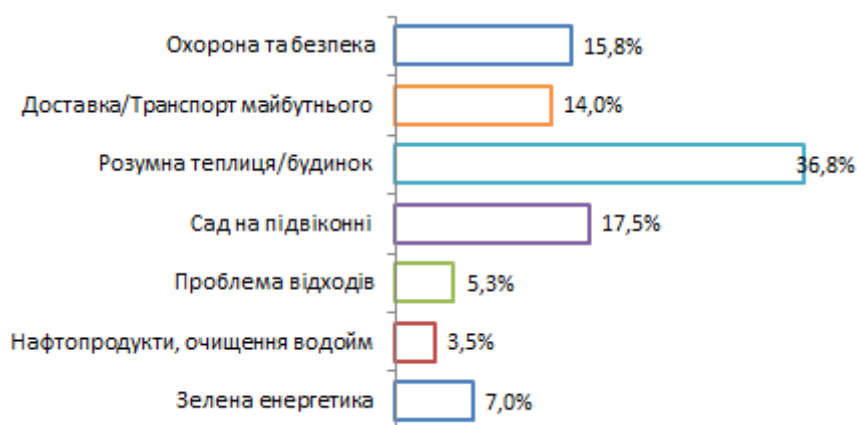


Рис. 5.10. Відповіді на запитання щодо вибору теми проекту

Більшість обрало теми, які належать до особистої сфери, такі як «Розумна теплиця/будинок», «Сад на підвіконні», «Охорона та безпека», «Транспорт майбутнього». Серед самостійно запропонованих проектів були

названі «Озеленення Марса», «Місія вижити на Місяці» та «Забруднення довкілля». Оскільки назви тем звучать досить широко, то студентам було запропоновано уточнити, які дисципліни може охоплювати ця тема (рис. 5.11).

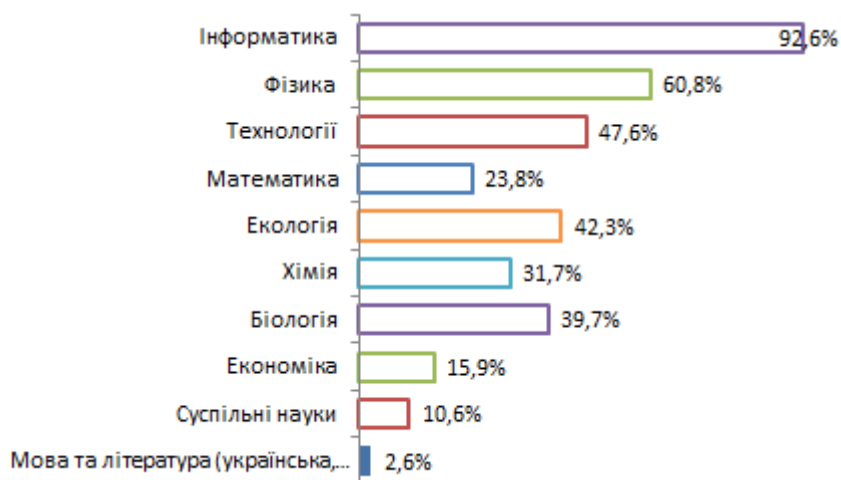


Рис. 5.11. *Відповіді на запитання про предмети, які буде охоплювати проєкт*

Найбільшу кількість голосів, як і очікувалось, отримала інформатика (92,6%), фізика (60,8), технології (47,6%) та екологія (42,3%). Порівняно з відповідями (див. рис. 5.9) про поєднання предметів інтегрованих курсів, у цих отриманих відповідях переважають предмети природничого напрямку: біологія, хімія, екологія.

Велику увагу ми приділили запитанням ціннісно-мотиваційної групи, оскільки вони слугували не тільки для встановлення рівня, але й стимулом для створення позитивного сприйняття інтегрованого навчання (рис. 5.12).

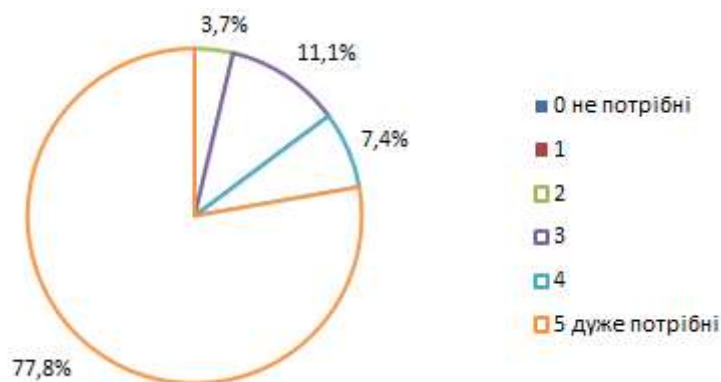


Рис. 5.12. *Розподіл відповідей на запитання щодо значущості технологій у професійному навчанні*

Наступне запитання стосувалося навичок, які будуть потрібні у професійній діяльності (рис. 5.13), таких як:

- навчання впродовж життя;
- вміння працювати в команді;
- вміння оперувати інформацією;
- знання іноземних мов;
- розпізнавання емоцій (керування ними);
- використання технологій, прийняття рішень.

Кожну навичку потрібно було оцінити за шкалою від «неважливо» (0 балів) до «дуже важливо» (5 балів).

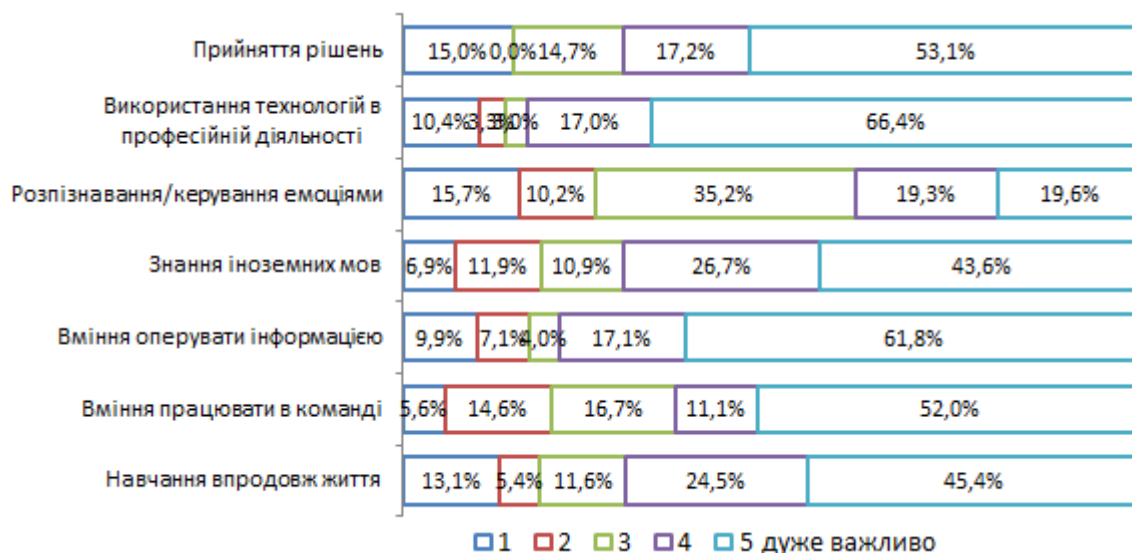


Рис. 5.13. *Відповіді на запитання щодо навичок, які будуть потрібні у професійній діяльності*

Як видно з наведених даних, усі навички були оцінені досить високо, нуль балів не поставив ніхто. Найбільшу кількість балів здобули технології (66,4%) та робота з інформацією (61,8%), найменшу кількість балів – пункт про емоційний інтелект (19%), найімовірніше тому, що ця тема для нашого суспільства та освіти є новою і недостатньо розробленою.

Свій рівень обізнаності у питаннях STEM-освіти студенти оцінили як такий, що вже їм відомий (чули про нього) (56,7%). Позначення «Вперше чую» поставили 20% (рис. 5.14).

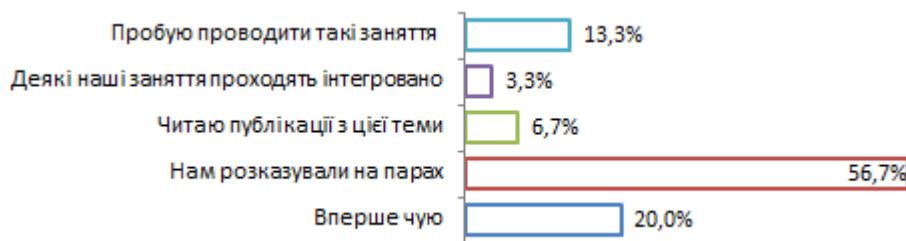


Рис. 5.14. *Відповіді на запитання щодо рівня обізнаності в питаннях STEM-освіти*

З метою визначення подальших планів і мотивів навчання студенти дали відповіді на запитання щодо причин вибору своєї спеціальності і продовження навчання в магістратурі. У цьому запитанні можна було обрати тільки одну відповідь (рис. 5.15).



Рис. 5.15. *Відповіді на запитання щодо причин вибору професії*

Більший стимул мали особисті переконання (18,5%) та зовнішні фактори, зокрема заробітна плата (17,2%). Вдосконалити свої знання в магістратурі вирішила переважна кількість студентів (74%), що свідчить про досить високий рівень мотивації до роботи за обраною професією.

Для встановлення зв'язку між відповідями на окремими запитаннями було використано кореляційний аналіз (Додаток Л). Проаналізовано зв'язок між відповідями на запитання про спеціальність студента, рівень обізнаності у STEM-освіті та інформаційних технологіях, запитання про відвідування/проведення інтегрованих занять, досвід застосування STEM технологій і активність у заходах (табл. 5.4). Даючи відповідь на запитання про значущість технологій у професійному навчанні більшість

респондентів високо оцінили їх роль в освітній діяльності. Зв'язок між спеціальністю та рейтингом технологій не був підтверджений кореляційним аналізом.

Таблиця 5.4

Таблиця залежності між відповідями на окремі запитання

Запитання	Проводжу	Беру участь	Ні	1)	2)	3)
1. Який Ваш рівень обізнаності у питаннях STEM-освіти?	1	2	2	-	2	4
2. Чи проводите/відвідуєте Ви інтегровані заняття з різних дисциплін?	2	2	1	2	-	3
3. Чи є у Вас досвід застосування STEM у своїй професійній діяльності ?	2	2	3	4	3	-

Досить сильний зв'язок спостерігався між запитаннями про досвід проведення інтегрованих занять та про досвід застосування STEM технологій і рівень обізнаності у питаннях інтеграції дисциплін. Це дало можливість стверджувати, що **готовність до використання технологій, зокрема STEM технологій**, у навчальній діяльності суттєво залежить від отриманого попереднього досвіду і безпосередньо від активної участі в інтегративних заняттях з різних дисциплін та проєктній діяльності.

5.3. Аналіз ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності

Ефективність розробленої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності визначалась двома етапами: спочатку було проаналізовано статистичні дані щодо сформованості кожного з показників компонент системи, що були отримані в результаті

констатувального й контрольного експериментів, після чого було перевірено достовірність отриманих результатів за допомогою класичних методів перевірки достовірності збігів і відмінностей характеристик досліджуваних об'єктів.

При визначенні ефективності розробленої системи підготовки будемо використовувати методику, рекомендовану Д. Новіковим [200] для обробки статистичних даних у педагогічних дослідженнях.

5.3.1. Аналіз результатів констатувального етапу педагогічного експерименту

З метою оцінювання ефективності розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій було залучено 378 студентів (генеральна сукупність) з різних вищих закладів освіти, які навчалися на педагогічних спеціальностях природничо-математичного профілю.

В експерименті брали участь викладачі відповідних спеціальностей Херсонського державного університету, Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, Класичного приватного університету (м. Запоріжжя), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського, Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», Бердянського державного педагогічного університету, Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди.

На початку констатувального експерименту було проведено аналіз рівнів сформованості готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у їхній майбутній професійній діяльності. Ці показники було поділено на три головних компоненти: знанневий, діяльнісний та ціннісно-мотиваційний. Кожен із компонентів містив показники, які умовно можна розділити на два блоки: педагогічні показники (стосуються формування педагогічних

компетентностей) та технологічні (стосуються формування технічних, інженерних, дослідних компетентностей).

При оцінюванні рівня сформованості показників використовувались відповідні анкети як для студентів, так і для викладачів, які викладають дисципліни природничо-математичного циклу, зокрема, використовувалось оцінювання показників викладачами дисциплін як експертами. Крім того, використовувались результати поточної успішності студентів та результати контрольних заходів.

Оцінювання результатів аналізу проводилось за трирівневою порядковою шкалою: «Високий рівень» – за 100-бальною шкалою оцінювання відповідає проміжку від 90 до 100 балів, «Середній рівень» – відповідає проміжку від 74 до 89 балів, «Початковий рівень» – відповідає проміжку від 60 до 73 балів.

Результати аналізу (у відсотках) наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Сформованість показників під час констатувального експерименту, %

Показники	Високий	Середній	Початковий
1	2	3	4
<i>Знаннєвий компонент</i>			
Знає вікові психолого-педагогічні особливості учнів. Знає методи проведення дослідження та особливості їх проведення під час навчання школярів	13,5	18,9	67,6
Знає визначення ключових навичок та вміє наводити приклади застосування у професійній діяльності. Використовує різні форми навчальної роботи	11,8	17,0	71,2
Знає принципи організації роботи в групі, команді. Створює/проводить проекти для організації колективної роботи	12,4	21,1	66,5

Продовження табл. 5.5

1	2	3	4
Знає принципи організації міждисциплінарних проєктів. Знає технології наукових досліджень та методи аналізу даних	11,8	18,6	69,6
Виконує інженерні завдання (проєктування, конструювання та моделювання). Стежить за технологіями та розуміє їхню роль у науково-технічному прогресі	12,0	20,1	67,9
Діяльнісний компонент			
Вміє складати завдання відповідно до вікових психолого-педагогічних особливостей навчання учнів. Застосовує комплексні завдання на формування ключових навичок	14,5	20,9	64,6
Вміє організовувати групи співробітництва у проєктній діяльності. Організовує пізнавальне спілкування і взаємодію в малих групах	12,2	20,3	67,5
Володіє методами та враховує особливості проведення досліджень у плануванні проєктної діяльності. Планує проєктну діяльність відповідно до принципів організації міждисциплінарних проєктів	13,0	20,3	66,7
Вміє планувати і дотримуватись етапів виконання проєктів та часових обмежень. Активно використовує методи формуючого оцінювання	12,3	20,0	67,7
Створює/проводить проєкти для поглибленого вивчення матеріалу. Застосовує нові технології у професійній діяльності	11,4	22,4	66,2
Ціннісно-мотиваційний компонент			
Створює доступні дидактичні матеріали, що спрямовані на підвищення мотивації до навчання	13,8	20,6	65,6
Створює завдання на формування ключових навичок та застосовує знання про їх формування	11,9	22,6	65,5
Вміє налагодити міжособистісне пізнавальне спілкування і взаємодію між групами	12,1	20,0	67,9
Створює нові підходи та технології для формуючого оцінювання	13,4	21,4	65,2

Продовження табл. 5.5

1	2	3	4
Самостійно опановує новітні технології, ініціює їх застосування у професійній діяльності	11,5	19,3	69,2
Цінності і норми поведінки, що пов'язані з інтеграцією технологій та наукових досліджень в освітній діяльності	12,3	19,2	68,5
Планування і чітке обмеження за часом виконання етапів роботи	13,1	18,4	68,5
Створює/проводить проекти з відкритим рішенням для організації колективної роботи	13,6	21,3	65,1
Навчає організації співпраці між групами у проектній діяльності	13,5	20,6	65,9
Використовує особливості методів проведення дослідження для забезпечення успіху проектної діяльності	15,2	21,8	63,0
Здійснює проектну діяльність на основі принципів організації міждисциплінарних проектів	11,9	21,0	67,1
Організовує діяльність у проекті та розподіл часу реалізації етапів у групі	10,8	22,7	66,5

Таким чином, результати опитувань та діагностичного зрізу, проведені серед студентів, підтвердили актуальність теми дослідження і дали змогу зробити такі висновки: переважна більшість студентів мають яскраво-виражені характеристики представників покоління Net; студенти активно використовують цифрові технології; особливої уваги вимагають аспекти підвищення мотивації до навчання та цілеспрямованого формування навичок рефлексії; рівень знань і навичок у галузі проектної діяльності та технологій є недостатнім для навчання учнів застосуванню STEM технологій.

Зведені результати діагностичного етапу констатувального експерименту наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

**Середні значення сформованості компонентів
за всіма рівнями під час констатувального експерименту**

№ з/п	Компоненти	Рівень					
		Високий		Середній		Початковий	
		осіб	%	осіб	%	осіб	%
1.	Ціннісно-мотиваційний	48	12,8	78	20,7	251	66,5
1.1.	Педагогічні показники	47	12,5	78	20,5	253	67,0
1.2.	Технологічні показники	49	13,0	79	21,0	250	66,0
2.	Діяльнісний	47	12,5	79	20,8	252	66,7
2.1.	Педагогічні показники	50	13,2	77	20,5	251	66,3
2.2.	Технологічні показники	45	11,8	80	21,2	253	67,0
3.	Знаннєвий	46	12,4	72	19,0	260	68,6
3.1.	Педагогічні показники	48	12,6	68	18,0	262	69,4
3.2.	Технологічні показники	46	12,1	75	19,9	257	68,0
Середнє значення		48	12,6	76	20,2	254	67,2

З табл. 5.6 видно, що лише близько 12% студентів мають високий рівень сформованості усіх компонентів, причому у цих студентів приблизно однаковий рівень засвоєння окремих компонентів. Середній рівень сформованості компонентів має близько 20% студентів, причому серед компонентів найменший відсоток має знаннєвий компонент. Співвідношення між показниками табл. 5.6 наочно відображено на Рис. 5.16. Загалом, якщо взяти як критерій ефективності розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій досягнення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін високого або середнього рівня готовності до застосування STEM технологій, то, як видно з табл. 5.6, цьому критерію задовольняють 32,8% студентів генеральної сукупності. Це досить низький показник з огляду на сучасні вимоги до

навчального процесу та нагальну потребу застосування інтерактивних і медійних засобів у навчальному процесі.

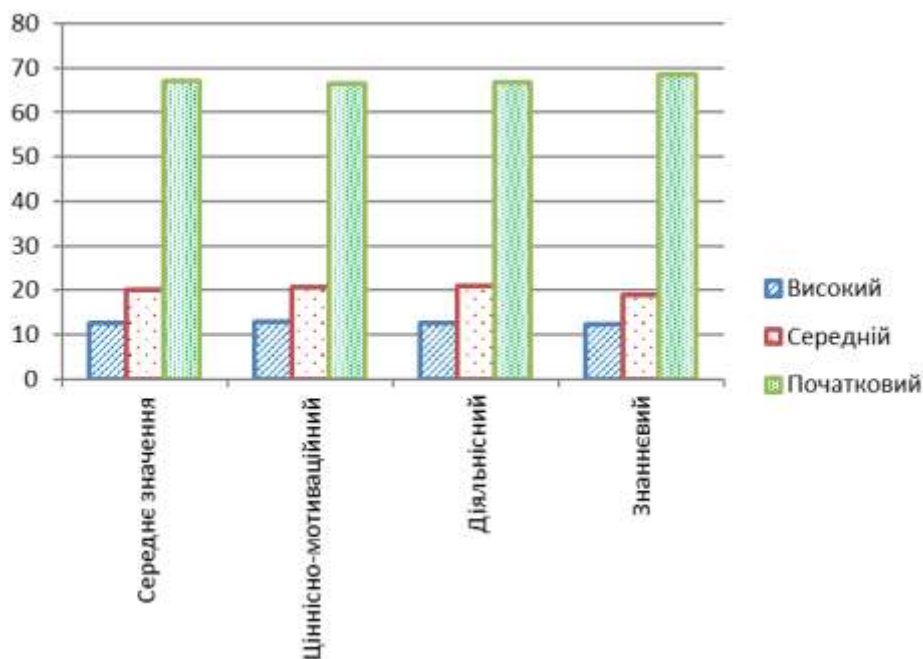


Рис. 5.16. Значення сформованості компонентів (у відсотках) за рівнями оцінювання для генеральної сукупності під час констатувального експерименту

Діаграму сформованості компонентів (рівні «Високий» і «Середній») подано на рис. 5.17.

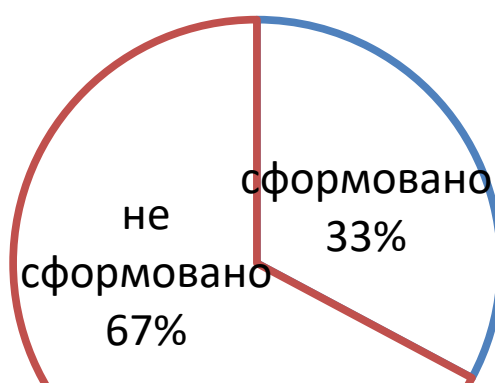


Рис. 5.17. Сформованість компонентів (рівні «Високий» і «Середній») для генеральної сукупності

На етапі констатувального експерименту, зважаючи на загальні результати дослідження сформованості компонентів підготовки майбутніх

учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, у складі студентів було виділено дві групи – контрольну, загальним обсягом 104 особи, й експериментальну, обсягом 117 осіб. Контрольна група складалась зі студентів Херсонського державного університету та Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, а експериментальна група – зі студентів Херсонського державного університету. Зокрема, у Херсонському державному університеті був задіяний 171 студент зі спеціальностей: 014 Середня освіта (Математика), 014 Середня освіта (Фізика), 014 Середня освіта (Інформатика), 014 Середня освіта (Хімія), 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 014 Середня освіта (Географія). У Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького було задіяно 50 студентів зі спеціальностей 014 Середня освіта (Математика), 014 Середня освіта (Інформатика).

До уваги брались дисципліни природничо-математичного циклу відповідних спеціальностей обох університетів. Це такі дисципліни, як «Інформатика», «Інформаційні системи та технології», «Інформаційні технології та технічні засоби корекційного навчання», «Інформатика та системологія», «Інформаційні технології», «Інформатика й інформаційні технології», «Комп'ютерна техніка та методи математичної статистики», «Інформаційні технології в галузі», «Інформаційні системи і технології в освіті», «Основи комп'ютерного оцінювання навчальних досягнень», «Інформаційні мережі».

Контрольна та експериментальна групи обирались таким чином, щоб показники сформованості досліджуваних компонентів найбільшою мірою відповідали середнім показникам, що були отримані при попередньому дослідженні генеральної сукупності.

У табл. 5.7 наведено дані про кількість осіб контрольної та експериментальної груп за різними рівнями оцінювання.

Таблиця 5.7

**Середні значення сформованості компонентів
за всіма рівнями під час констатувального експерименту.
Кількість учасників експерименту (вибіркова сукупність):
контрольна група – 104, експериментальна група – 117, осіб**

№ з/п	Компоненти	Рівень					
		<i>Високий</i>		<i>Середній</i>		<i>Початковий</i>	
		Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група
1.	Ціннісно-мотиваційний	13	14	22	25	69	78
1.1.	Педагогічні показники	13	14	21	24	70	79
1.2.	Технологічні показники	12	14	23	26	69	77
2.	Діяльнісний	13	14	22	25	69	78
2.1.	Педагогічні показники	13	15	22	24	69	78
2.2.	Технологічні показники	12	14	23	26	69	77
3.	Знавчий	12	13	21	23	71	81
3.1.	Педагогічні показники	13	13	19	21	72	83
3.2.	Технологічні показники	12	13	22	24	70	80
Середнє значення		12	14	22	24	70	79

Середні показники сформованості показників контрольної та експериментальної груп (у відсотках) перед проведенням формування та контрольних експериментів подано в табл. 5.8.

Дані табл. 5.8 свідчать про досить близькі значення сформованості відповідних компонентів контрольної та експериментальної груп за всіма рівнями оцінювання. Таким чином, на початку експерименту обидві групи, контрольна й експериментальна перебувають приблизно в однакових умовах.

Таблиця 5.8

**Середні значення сформованості компонентів (у відсотках)
за всіма рівнями під час констатувального експерименту.
Кількість учасників експерименту (вибіркова сукупність):
контрольна група – 104, експериментальна група – 117, %**

№ з/п	Компоненти	Рівень					
		<i>Високий</i>		<i>Середній</i>		<i>Початковий</i>	
		Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група
1.	Ціннісно-мотиваційний	12,3	12,0	21,2	21,1	66,5	66,9
1.1.	Педагогічні показники	12,7	12,3	20,4	20,3	67,0	67,4
1.2.	Технологічні показники	11,8	11,6	22,1	21,9	66,1	66,5
2.	Діяльнісний	12,2	12,3	21,5	21,3	66,4	66,5
2.1.	Педагогічні показники	12,5	12,5	20,8	20,8	66,7	66,7
2.2.	Технологічні показники	11,8	12,0	22,1	21,8	66,1	66,2
3.	Знаннявий	11,9	11,4	19,7	19,4	68,4	69,2
3.1.	Педагогічні показники	12,1	11,3	18,3	18,2	69,6	70,5
3.2.	Технологічні показники	11,7	11,4	21,2	20,7	67,1	67,9
Середнє значення		12,1	11,9	20,8	20,6	67,1	67,5

На рис. 5.1 проілюстровано співвідношення значень сформованості компонентів за рівнями оцінювання для контрольної групи під час констатувального експерименту.

Відповідну діаграму сформованості компонентів (рівні «Високий» та «Середній») для контрольної групи подано на рис. 5.19.

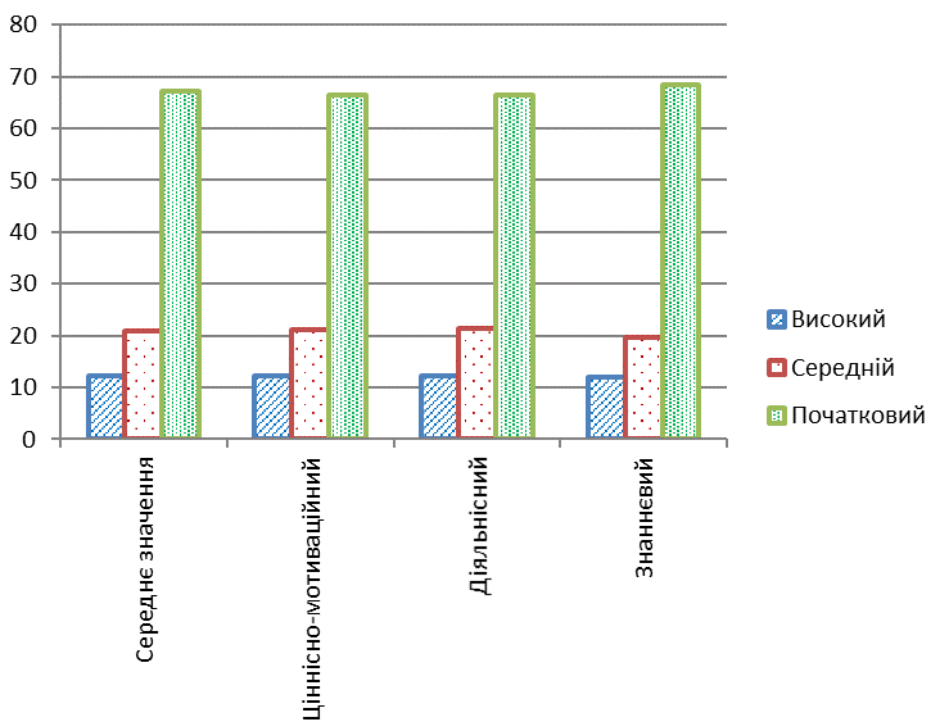


Рис. 5.18. *Значення сформованості компонентів (у відсотках) за рівнями оцінювання для контрольної групи під час констатувального експерименту*

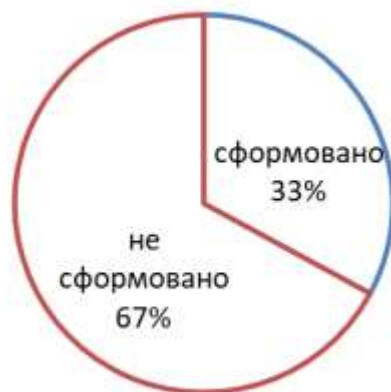


Рис. 5.19. *Діаграма сформованості (рівні «Високий» та «Середній») компонентів для контрольної групи під час констатувального експерименту*

На рис. 5.20 графічно зображено співвідношення значень сформованості компонентів за рівнями оцінювання для експериментальної групи під час констатувального експерименту.

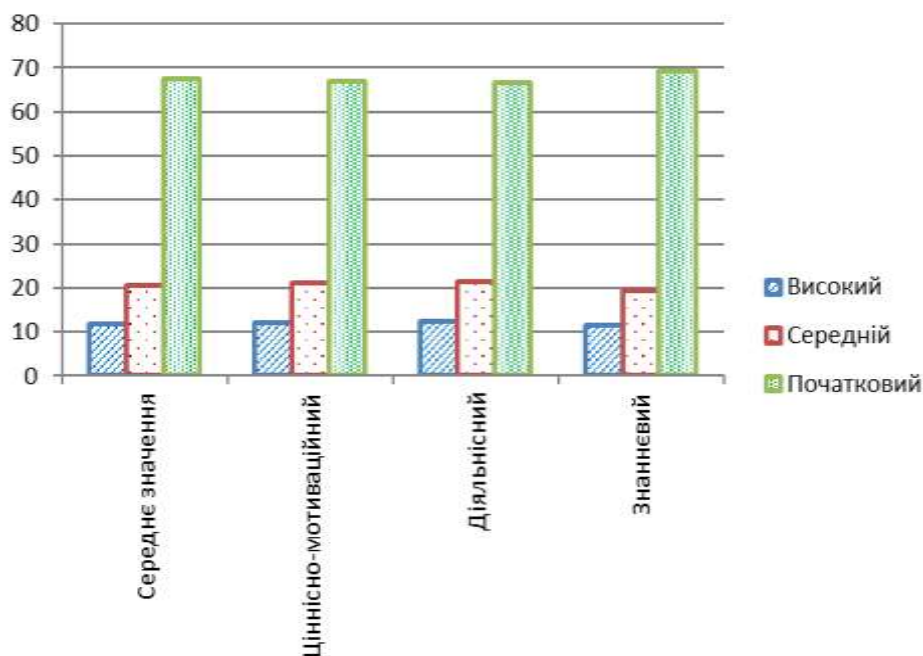


Рис. 5.20. *Значення сформованості компонентів (у відсотках) за рівнями оцінювання для експериментальної групи під час констатувального експерименту*

Якщо за критерій сформованості компонента прийняти два рівні – «Високий» і «Середній», то дані табл. 5.8 можна проілюструвати за допомогою такої діаграми (рис. 5.21).

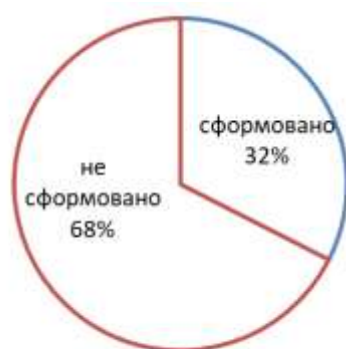


Рис. 5.21. *Діаграма сформованості (рівні «Високий» та «Середній») компонентів для експериментальної групи під час констатувального експерименту*

Наочно порівняння сформованості компонентів (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) контрольної й експериментальної груп подано на Рис. 5.22.

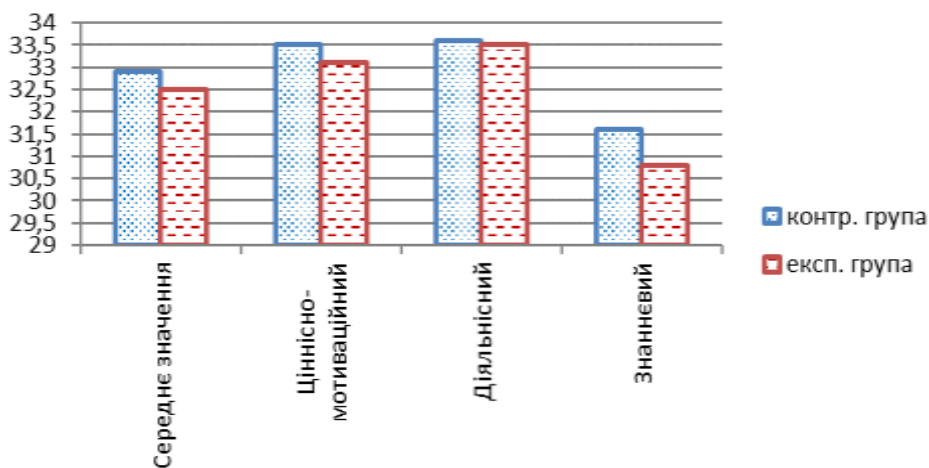


Рис. 5.22. Сформованість компонентів (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) контрольної та експериментальної груп під час констатувального експерименту

5.3.2. Аналіз результатів контрольного етапу педагогічного експерименту

Під час контрольного експерименту було перевірено рівень сформованості показників готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у їхній майбутній професійній діяльності як контрольної, так і експериментальної груп.

За період експерименту дещо змінилась кількість студентів у групах. На час проведення контрольного етапу чисельність контрольної групи становила 98 осіб, а експериментальної – 112 осіб.

Середні значення рівнів сформованості показників контрольної групи подано в табл. 5.9.

Таблиця 5.9

**Середні значення сформованості компонентів
за всіма рівнями під час контрольного експерименту.
Кількість учасників експерименту (вибіркова сукупність):
контрольна група – 98**

№ з/п	Компоненти	Рівень					
		<i>Високий</i>		<i>Середній</i>		<i>Початковий</i>	
		осіб	%	осіб	%	осіб	%
1.	Ціннісно-мотиваційний	14	14,2	24	24,7	60	61,1
1.1.	Педагогічні показники	14	14,6	24	24,1	60	61,3
1.2.	Технологічні показники	14	13,8	25	25,3	59	60,9
2.	Діяльнісний	14	14,0	26	26,0	58	59,9
2.1.	Педагогічні показники	14	14,3	25	25,5	59	60,2
2.2.	Технологічні показники	14	13,8	26	26,5	58	59,7
3.	Знаннєвий	14	14,7	23	23,0	61	62,3
3.1.	Педагогічні показники	16	16,5	21	21,4	61	62,0
3.2.	Технологічні показники	13	12,9	24	24,5	61	62,7
Середнє значення		14	13,0	24	21,9	60	65,1

Середні значення рівнів сформованості показників експериментальної групи подано в табл. 5.10.

Як і в констатувальному експерименті, будемо вважати, що критерієм ефективності розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій є досягнення майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін високого або середнього рівня готовності до застосування STEM технологій і відповідних показників під час контрольного експерименту.

Таблиця 5.10

**Середні значення сформованості компонентів
за всіма рівнями під час контрольного експерименту.
Кількість учасників експерименту (вибіркова сукупність):
експериментальна група – 112**

№ з/п	Компоненти	Рівень					
		<i>Високий</i>		<i>Середній</i>		<i>Початковий</i>	
		осіб	%	осіб	%	осіб	%
1.	Ціннісно-мотиваційний	25	22,1	40	36,0	47	41,9
1.1.	Педагогічні показники	25	22,1	39	35,2	48	42,7
1.2.	Технологічні показники	25	22,1	41	36,8	46	41,1
2.	Діяльнісний	29	25,6	45	40,4	38	34,0
2.1.	Педагогічні показники	28	25,3	48	42,9	36	31,8
2.2.	Технологічні показники	29	25,9	43	37,9	40	36,2
3.	Знаннєвий	27	24,0	42	37,3	43	38,7
3.1.	Педагогічні показники	28	25,2	39	35,0	45	39,8
3.2.	Технологічні показники	26	22,8	44	39,6	42	37,6
Середнє значення		27	23,9	42	37,9	43	38,2

Результати констатувального та контрольного експериментів (у відсотках) для контрольної й експериментальної груп з метою їхнього порівняння наведено в табл. 5.11.

З наведеної табл. 5.11 видно, що порівняно з констатувальним експериментом ступінь сформованості компонентів у контрольній групі збільшився на 6%, від 32,9% до 38,9%. Водночас ступінь сформованості компонентів в експериментальній групі збільшився на 29,4%, від 32,5% до 61,9%. Ці дані свідчать про ефективність розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Таблиця 5.11

**Порівняння (у відсотках) середніх значень сформованості компонентів
під час констатувального та контрольного експериментів
(рівні «Високий» і «Середній»)**

№ з /п	Компоненти	Констатувальний експеримент		Контрольний експеримент		Різниця між контрольним і констатувальним експериментом	
		<i>Контр. група</i>	<i>Експ. група</i>	<i>Контр. група</i>	<i>Експ. група</i>	<i>Контр. група</i>	<i>Експ. група</i>
1.	Ціннісно-мотиваційний	33,5	33,1	38,9	58,2	5,4	25,1
1.1.	Педагогічні показники	33,0	32,6	38,7	57,4	5,7	24,8
1.2.	Технологічні показники	33,9	33,5	39,1	58,9	5,2	25,4
2.	Діяльнісний	33,6	33,5	40,1	66,0	6,4	32,5
2.1.	Педагогічні показники	33,3	33,3	39,8	68,2	6,5	34,9
2.2.	Технологічні показники	33,9	33,7	40,3	63,8	6,4	30,1
3.	Знаний	31,6	30,8	37,7	61,3	6,1	30,5
3.1.	Педагогічні показники	30,4	29,5	38,0	60,3	7,6	30,8
3.2.	Технологічні показники	32,9	32,1	37,4	62,4	4,5	30,3
Середнє значення		32,9	32,5	38,9	61,9	6,0	29,4

На рис. 5.23 подано порівняння сформованості (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) компонентів контрольної та експериментальної груп під час контрольного експерименту.

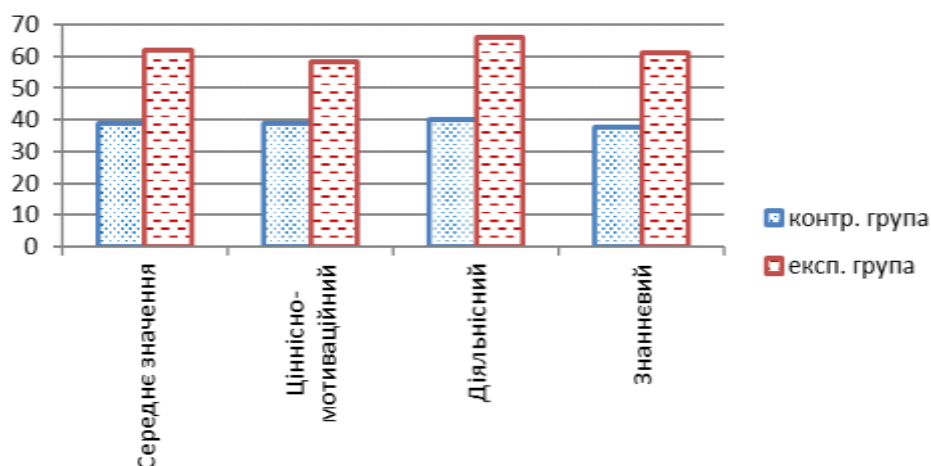


Рис. 5.23. Сформованість (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) компонентів контрольної та експериментальної груп під час контрольного експерименту

Загальні результати сформованості (рівні «Високий» та «Середній») усіх компонентів для контрольної групи під час контрольного експерименту подано на рис. 5.24.

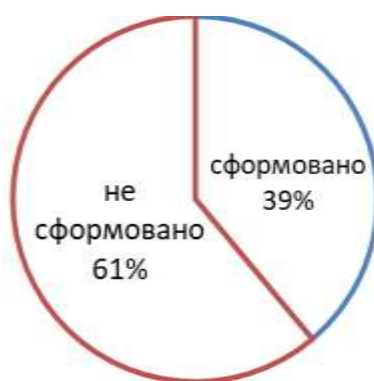


Рис. 5.24. Сформованість (рівні «Високий» та «Середній») усіх компонентів для контрольної групи під час контрольного експерименту

Загальні результати сформованості (рівні «Високий» та «Середній») усіх компонентів для експериментальної групи під час контрольного експерименту подано на рис. 5.25.

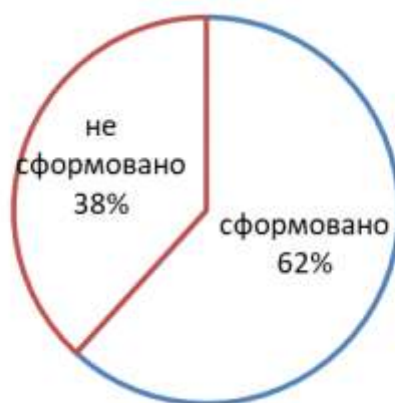


Рис. 5.25. Сформованість (рівні «Високий» та «Середній») усіх компонентів для експериментальної групи під час контрольного експерименту

Слід порівняти також зміни в показниках сформованості компонентів кожної з груп окремо під час констатувального та контрольного експериментів. На рис. 5.26 подано таке порівняння для контрольної групи.

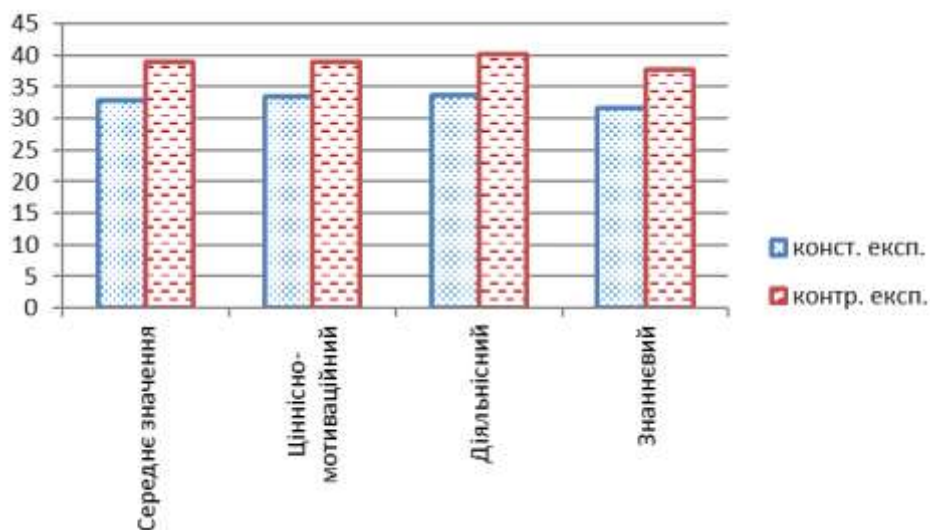


Рис. 5.26. Сформованість компонентів (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) для контрольної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Для експериментальної групи подібне порівняння подано на рис. 5.27.

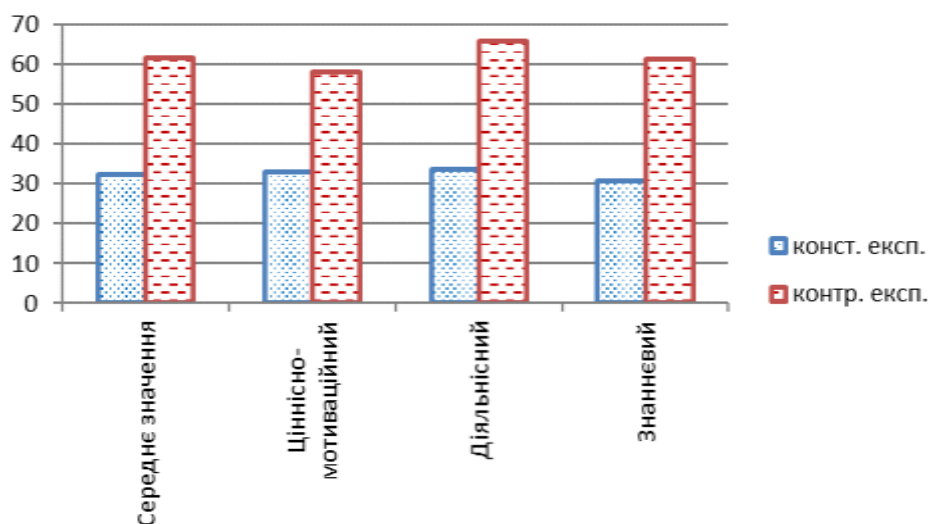


Рис. 5.27. Сформованість компонентів (рівні «Високий» та «Середній», у відсотках) для експериментальної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Результати порівняння даних про сформованість усіх компонентів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін свідчать про ефективність та результативність розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

5.3.3. Статистична перевірка достовірності результатів педагогічного експерименту

Для встановлення вірогідності отриманих результатів будемо використовувати критерії перевірки статистичних гіпотез про відсутність відмінностей (нульова гіпотеза – H_0), або про значущість відмінностей (альтернативна гіпотеза – H_1) характеристик контрольної та експериментальної груп. У подальшому будемо користуватись порядковою шкалою оцінювання: «Високий рівень», «Середній рівень», «Початковий рівень».

Спочатку проаналізуємо отримані статистичні дані на однорідність за допомогою критерію Пірсона (критерій χ^2). При цьому проведемо чотири порівняння.

Насамперед перевіримо на однорідність характеристики контрольної та експериментальної груп на етапі констатувального експерименту. За нульову гіпотезу H_0 приймемо гіпотезу про те, що показники відповідних компетентностей контрольної та експериментальної груп відрізняються не значно, альтернативною гіпотезою буде гіпотеза H_1 про те, що ці показники мають значущі відмінності.

Введемо позначення:

M – кількість осіб контрольної групи;

N – кількість осіб експериментальної групи;

L – кількість рівнів шкали оцінювання;

m_i – кількість членів контрольної групи, які в результаті оцінювання потрапили в i -й рівень ($i = 1, 2, \dots, L$);

n_i – кількість членів експериментальної групи, які в результаті оцінювання потрапили в i -й рівень ($i = 1, 2, \dots, L$).

При таких позначеннях емпіричне значення критерію Пірсона χ^2 розраховується за формулою [200, с. 51–52]:

$$\chi_{\text{емп}}^2 = NM \sum_{i=1}^L \frac{\left(\frac{n_i}{N} - \frac{m_i}{M}\right)^2}{\frac{n_i}{N} + \frac{m_i}{M}}.$$

Оскільки ми користуємось трирівневою шкалою оцінювання, то цю формулу будемо використовувати при значенні $L = 3$. Тобто формула буде

містити три доданки, кожен з яких буде належати до одного з трьох рівнів: високий, середній або початковий.

Важливе значення для оцінювання має рівень значущості критерію, який ще називають ймовірністю похибки, тобто ймовірністю того, що нульова гіпотеза буде відхилена. У педагогічних дослідженнях, як правило, рівень значущості α обирають рівним **0,05**, тобто у подальших розрахунках ми будемо користуватись значенням $\alpha = 0,05$. Обраховане за результатами експерименту емпіричне значення критерію порівнюється з критичним значенням цього критерію при вибраному рівні значущості. Критичне значення критерію Пірсона для трирівневої шкали оцінювання та вибраного рівня значущості $\alpha = 0,05$, дорівнює $\chi_{кр}^2 = 5,99$ [200, с. 52].

У подальшому з цим значенням будемо порівнювати емпіричні значення критерію Пірсона. Якщо емпіричне значення критерію Пірсона буде не більшим, ніж його критичне значення: $\chi_{емп}^2 \leq \chi_{кр}^2$, то з вірогідністю 95% можна прийняти нульову гіпотезу H_0 про те, що показники відповідних компетентностей контрольної та експериментальної груп відрізняються не значно (не суттєво). Якщо ж емпіричне значення критерію Пірсона буде більшим, ніж його критичне значення: $\chi_{емп}^2 > \chi_{кр}^2$, то з вірогідністю 95% можна прийняти гіпотезу H_1 про те, що показники відповідних компетентностей контрольної та експериментальної груп відрізняються значуще (суттєво).

На рис. 5.28 подана діаграма розподілу студентів експериментальної та контрольної груп за рівнями сформованості компонентів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності (усереднені значення). Вигляд діаграми засвідчує якісну рівність результатів досягнення студентами експериментальної та контрольної груп рівнів сформованості компонентів

готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін на констатувальному етапі.

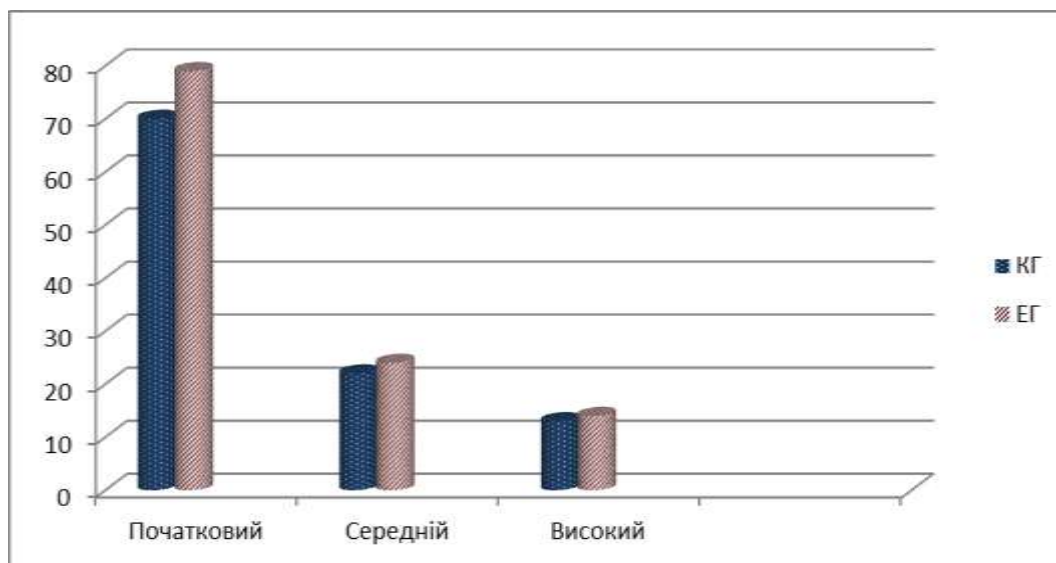


Рис. 5.28. Діаграма розподілу студентів експериментальної та контрольної груп за рівнями сформованості компонентів готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності (констатувальний етап)

Проте для підтвердження даного висновку необхідно провести статистичний аналіз одержаних результатів.

Емпіричні значення критерію Пірсона при порівнянні показників контрольної та експериментальної груп на стадії констатувального експерименту наведено в табл. 5.12.

Як видно з табл. 5.12, отримані емпіричні значення критерію Пірсона для усіх компонентів значно менші за його критичне значення: $\chi_{кр}^2 = 5,99$.

Це свідчить про те, що з вірогідністю 95% можна прийняти нульову гіпотезу H_0 про відсутність суттєвих відмінностей між двома вибірковими сукупностями – контрольною й експериментальною групою – за всіма показниками.

Таблиця 5.12

Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні однорідності вибірових сукупностей контрольної та експериментальної груп під час констатувального експерименту

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi^2_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	
Ціннісно-мотиваційний	13	14	22	25	69	78	0,00566
Педагогічні показники	13	14	21	24	70	79	0,00759
Технологічні показники	12	14	23	26	69	78	0,00431
Діяльнісний	13	14	22	25	69	78	0,00123
Педагогічні показники	13	15	22	24	69	78	0,00009
Технологічні показники	12	14	23	26	69	78	0,00374
Знавнєвий	12	13	21	23	71	81	0,02357
Педагогічні показники	13	13	19	21	72	83	0,03609
Технологічні показники	12	13	22	24	70	80	0,01755
Середнє значення	13	14	22	24	70	79	0,00577

Тепер перевіримо за допомогою критерію Пірсона на однорідність обидві групи за цими ж показниками після проведення контрольного експерименту.

На рис. 5.29 подана діаграма розподілу студентів експериментальної та контрольної груп за рівнями сформованості компонентів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності (контрольний етап). Вигляд діаграми засвідчує якісне перевищення результатів досягнення студентами експериментальної групи рівнів сформованості компонентів готовності

майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін гад результатами контрольної групи.

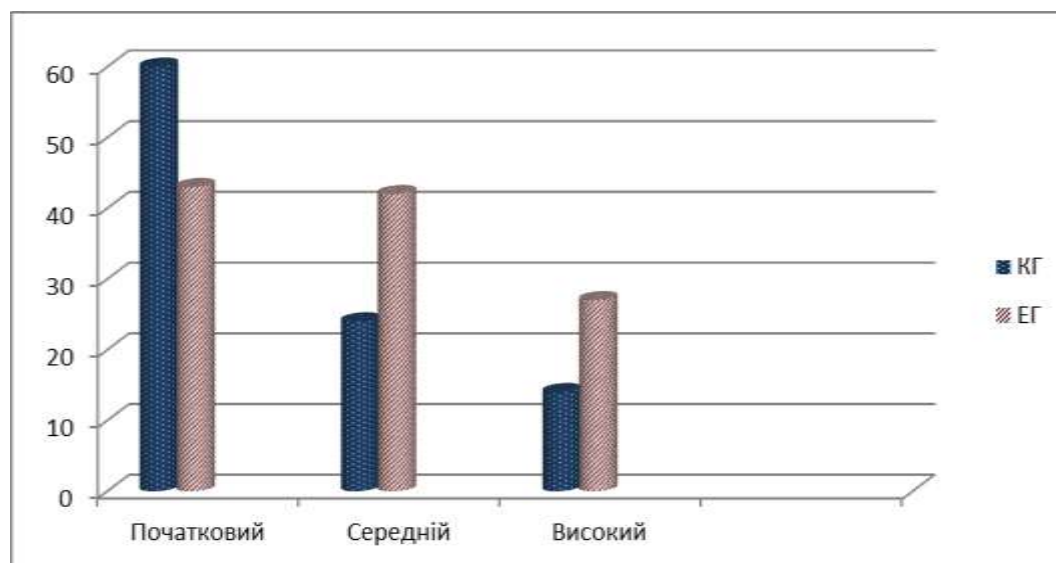


Рис. 5.29. *Діаграма розподілу студентів експериментальної та контрольної груп за рівнями сформованості компонентів готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності (контрольний етап)*

Але необхідно провести коректне порівняння цих результатів.

Значення емпіричного критерію Пірсона при порівнянні показників контрольної та експериментальної груп на стадії контрольного експерименту наведено в табл. 5.13.

Дані з табл. 5.13 вказують на те, що емпіричні значення критерію Пірсона при порівнянні результатів контрольного експерименту в контрольній групі й експериментальній групі перевищує контрольне значення цього критерію: $\chi_{кр}^2 = 5,99$ для кожного із показників, що досліджувались. Зокрема, як видно з табл. 5.13, найбільш суттєво різняться результати обох груп з діяльнісного компонента, зокрема за його педагогічною складовою. Таким чином, з вірогідністю 95% слід прийняти альтернативну гіпотезу H_1 про те, що є суттєві відмінності між двома вибірковими сукупностями – контрольною і експериментальною групою – за всіма показниками.

Таблиця 5.13

Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні однорідності вибірових сукупностей контрольної та експериментальної груп під час контрольного експерименту

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi^2_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	
Ціннісно-мотиваційний	14	25	24	40	60	47	7,7560
Педагогічні показники	14	25	24	39	60	48	7,2767
Технологічні показники	14	25	25	41	60	46	8,2615
Діяльнісний	14	29	26	45	59	38	14,3000
Педагогічні показники	14	28	25	48	59	36	16,9930
Технологічні показники	14	29	26	43	59	41	12,0202
Знаний	14	27	23	42	61	43	11,7004
Педагогічні показники	16	28	21	39	61	45	10,4309
Технологічні показники	13	26	24	44	61	42	13,1149
Середнє значення	14	27	24	42	60	43	11,0445

Діаграма розподілу студентів контрольної групи за рівнями сформованості компонентів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту (рис. 5.30) засвідчує певне покращення показників на контрольному етапі.

Результати обчислення емпіричних значень критерію Пірсона для контрольної групи наведено в табл. 5.14.

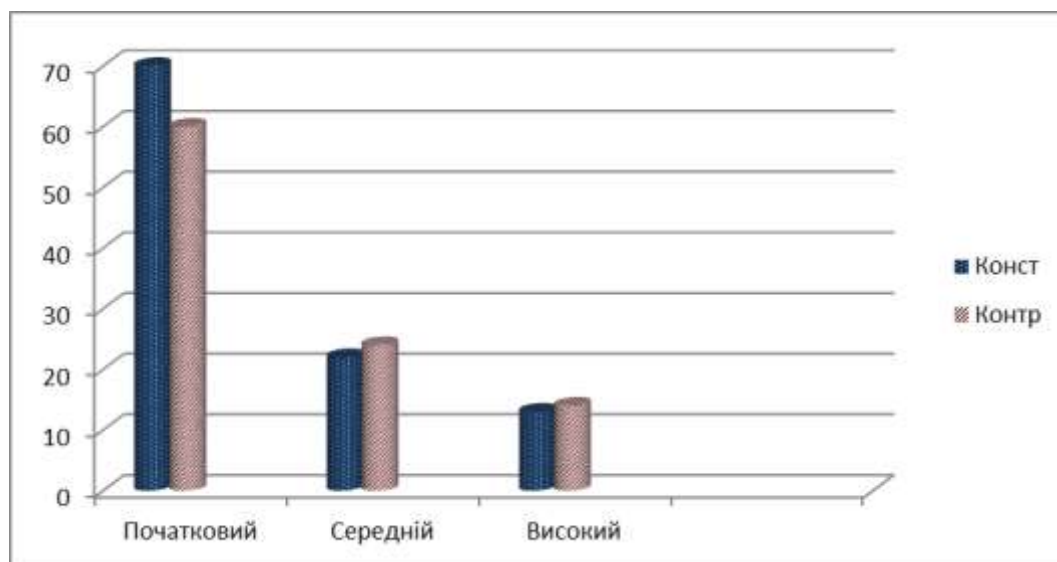


Рис. 5.30. Діаграма розподілу студентів контрольної групи за рівнями сформованості компонентів готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності (констатувальний і контрольний етап)

Таблиця 5.14

Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні однорідності вибірових сукупностей контрольної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi^2_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотивац.	13	14	22	24	69	60	2,533
Педагогічні показники	13	14	21	24	70	60	2,603
Технологічні показники	12	14	23	25	69	60	2,471
Діяльнісний	13	14	22	26	69	59	2,791
Педагогічні показники	13	14	22	25	69	59	2,817
Технологічні показники	12	14	23	26	69	59	2,767
Знавсвий	12	14	21	23	71	61	2,709
Педагогічні показники	13	16	19	21	72	61	3,273
Технологічні показники	12	13	22	24	70	61	2,339
Середнє значення	13	14	22	24	70	60	2,667

Проаналізувавши результати табл. 5.14, можна зробити висновок про те, що хоч однорідність двох вибірок контрольної групи зменшилась, однак емпіричні значення критерію Пірсона все ще менші, ніж його критичне значення $\chi_{кр}^2 = 5,99$. Отже, з вірогідністю 95% можна стверджувати, що відмінність обох вибірок не є значущою, тобто виконується нульова гіпотеза H_0 .

Діаграма розподілу студентів експериментальної групи за рівнями сформованості компонентів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту (рис. 5.31) засвідчує суттєве покращення показників на контрольному етапі.

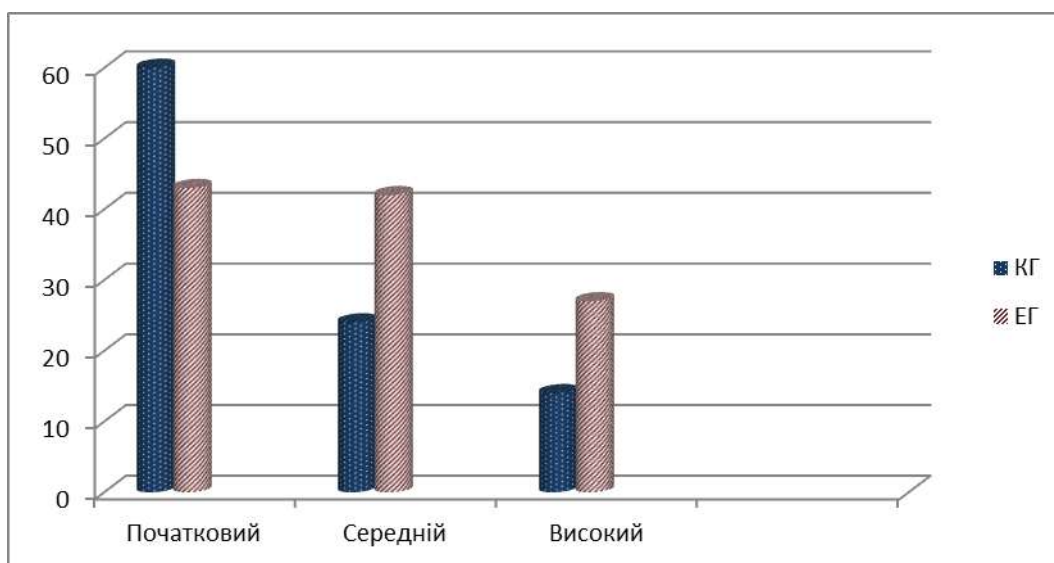


Рис. 5.31. Діаграма розподілу студентів експериментальної групи за рівнями сформованості компонентів готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності (констатувальний і контрольний етапи)

Тому виникла необхідність перевірити вірогідність нульової гіпотези H_0 для експериментальної групи. Результати обчислення емпіричних значень критерію Пірсона для контрольної групи подано в табл. 5.15.

Таблиця 5.15

Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні однорідності вибірових сукупностей експериментальної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi_{\text{емп}}^2$ (при $\alpha = 0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотивац.	14	25	25	40	78	47	16,407
Педагогічні показники	14	25	24	39	79	48	16,054
Технологічні показники	14	25	26	41	78	46	16,791
Діяльнісний	14	29	25	45	78	38	26,054
Педагогічні показники	15	28	24	48	78	36	29,670
Технологічні показники	14	29	26	43	78	41	22,870
Знавсвий	13	27	23	42	81	43	23,439
Педагогічні показники	13	28	21	39	83	45	23,938
Технологічні показники	13	26	24	44	80	42	22,991
Середнє значення	14	27	24	42	79	43	21,727

Результати, подані в табл. 5.15, свідчать про значне перевищення емпіричними значеннями критерію Пірсона його критичного значення $\chi_{\text{кр}}^2 = 5,99$. Таким чином, нульову гіпотезу H_0 про несуттєву відмінність обох вибірок для контрольної групи слід відкинути, і з вірогідністю 95% прийняти альтернативну гіпотезу H_1 про суттєву відмінність обох вибірок. Зокрема, з Тому виникла необхідність перевірити вірогідність нульової

гіпотези H_0 для експериментальної групи. Результати обчислення емпіричних значень критерію Пірсона для контрольної групи подано в табл. 5.15.

Таблиця 5.15 впливає, що найбільші зміни під час експерименту відбулись у контрольній групі з педагогічних показників діяльнісного компонента, а також з педагогічних показників знаннєвого компонента.

Аналізуючи результати, що отримані під час перевірки статистичних гіпотез за допомогою критерію Пірсона, можна зробити висновок про те, що початкові характеристики контрольної й експериментальної груп фактично збігаються, а після проведення експерименту значно відрізняються. Таким чином, можна стверджувати, що суттєві зміни, які відбулися в експериментальній групі, зумовлені саме застосуванням розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Результати експерименту завжди слід перевіряти одночасно декількома критеріями – це забезпечує більшу вірогідність отриманих результатів. Оскільки за ознаку сформованості компетентностей у роботі обрано належність результату хоча б до одного з рівнів оцінювання – «Високий» або «Середній», то для аналізу сформованості компонентів слід використати дихотомічну шкалу оцінювання. У цій шкалі розглядаються лише два рівні оцінювання, наприклад, «Сформовано» і «Не сформовано». Для обробки результатів експерименту з використанням дихотомічної шкали у подальшому будемо об'єднувати рівні «Високий» і «Середній» в одну групу, а рівень «Початковий» буде становити другу групу. Для обробки статистичних даних про результати експерименту за дихотомічною шкалою найкраще підходить критерій Фішера φ (кутове перетворення).

Для використання критерію Фішера введемо такі позначення:

M – кількість осіб контрольної групи;

N – кількість осіб експериментальної групи;

m – кількість осіб контрольної групи, які виявили «Високий» або «Середній» рівень сформованості певного показника;

n – кількість осіб експериментальної групи, які виявили «Початковий» рівень сформованості певного показника;

q – відносна частота кількості осіб контрольної групи, які виявили «Високий» або «Середній» рівень сформованості певного показника;

p – відносна частота кількості осіб експериментальної групи, які виявили «Початковий» рівень сформованості певного показника.

При таких позначеннях емпіричне значення критерію Фішера φ розраховується за формулою [200, с. 54–56]:

$$\varphi_{\text{емп}} = 2 |\arcsin \sqrt{p} - \arcsin \sqrt{q}| \sqrt{\frac{MN}{M+N}}$$

Як і для критерію Пірсона, оберемо для критерію Фішера рівень значущості $\alpha = 0,05$. При такому рівні значущості критичне значення критерію Фішера буде: $\varphi_{\text{кр}} = 1,64$ [200, с. 56].

Спочатку знайдемо емпіричні значення критерію Фішера при порівнянні характеристик контрольної й експериментальної груп на стадії констатувального експерименту. За нульову гіпотезу H_0 візьмемо гіпотезу про те, що характеристики контрольної та експериментальної груп для проведеного їх розбиття на два рівні відрізняються не суттєво (емпіричне значення критерію Фішера буде не більшим, ніж його критичне значення:

$\varphi_{\text{емп}} \leq \varphi_{\text{кр}}$). Альтернативною гіпотезою H_1 буде гіпотеза про те, що ці характеристики відрізняються суттєво (емпіричне значення критерію Фішера буде більшим за його критичне значення: $\varphi_{\text{емп}} > \varphi_{\text{кр}}$).

Емпіричні значення критерію Фішера при порівнянні рівня сформованості відповідних показників контрольної й експериментальної груп наведено в табл. 5.16.

Таблиця 5.16

Значення критерію Фішера (φ) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні сформованості (рівні «Високий» і «Середній») компонентів у вибіркових сукупностях контрольної та експериментальної груп під час констатувального експерименту

Компоненти	Високий та середній рівні		Початковий рівень		$\varphi_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	
Ціннісно-мотиваційний	35	69	39	78	0,064
Педагогічні показники	34	70	38	79	0,067
Технологічні показники	35	69	39	78	0,062
Діяльнісний	35	69	39	78	0,014
Педагогічні показники	35	69	39	78	0,001
Технологічні показники	35	69	40	78	0,028
Знаннєвий	33	71	36	81	0,139
Педагогічні показники	32	72	35	83	0,145
Технологічні показники	34	70	38	80	0,132
Середнє значення	34	70	38	79	0,072

Порівнюючи емпіричні значення критерію Фішера, наведених у табл. 5.16, з його критичним значенням $\varphi_{\text{кр}} = 1,64$, можна зробити висновок про те, що з вірогідністю 95% слід прийняти нульову гіпотезу H_0 .

Тобто характеристики контрольної та експериментальної груп для проведеного їх розбиття на два рівні при констатувальному експерименті відрізняються не суттєво.

Тепер порівнюємо за допомогою критерію Фішера характеристики контрольної та експериментальної груп під час контрольного експерименту. Емпіричні значення критерію Фішера під час цього порівняння наведено в табл. 5.17.

Таблиця 5.17

Значення критерію Фішера (φ) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні сформованості (рівні «Високий» і «Середній») компонентів у вибіркових сукупностях контрольної та експериментальної груп під час контрольного експерименту

Компоненти	Високий та середній рівні		Початковий рівень		$\varphi_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Контр. група	Експ. група	Контр. група	Експ. група	
Ціннісно-мотиваційний	38	60	65	47	2,799
Педагогічні показники	38	60	64	48	2,713
Технологічні показники	38	60	66	46	2,884
Діяльнісний	39	59	74	38	3,803
Педагогічні показники	39	59	76	36	4,172
Технологічні показники	40	59	72	41	3,438
Знавсвий	37	61	69	43	3,453
Педагогічні показники	37	61	68	45	3,254
Технологічні показники	37	61	70	42	3,654
Середнє значення	38	60	69	43	3,347

Порівнюючи емпіричні значення критерію Фішера, що наведені в табл. 5.17, з його критичним значенням $\varphi_{\text{кр}} = 1,64$, можна зробити висновок: з вірогідністю 95% можна прийняти альтернативну гіпотезу H_1 .

Таким чином, характеристики контрольної і експериментальної груп під час контрольного експерименту відрізняються значуще (суттєво).

Для повноти дослідження слід порівняти також характеристики окремо кожної з груп, контрольної й експериментальної, як під час констатувального, так і під час контрольного експериментів. Це дасть змогу встановити, результати якої з цих груп є найбільш значущими.

Результати порівняння характеристик контрольної групи під час констатувального й контрольного експериментів наведено в табл. 5.18.

Таблиця 5.18

Значення критерію Фішера (φ) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні сформованості (рівні «Високий» і «Середній») компонентів у вибіркових сукупностях контрольної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Компоненти	Високий та середній рівні		Початковий рівень		$\varphi_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотиваційний	35	69	38	60	0,804
Педагогічні показники	34	70	38	60	0,844
Технологічні показники	35	69	38	60	0,764
Діяльнісний	35	69	39	59	0,945
Педагогічні показники	35	69	39	59	0,954
Технологічні показники	35	69	40	59	0,936
Знавсвий	33	71	37	61	0,899
Педагогічні показники	32	72	37	61	1,136
Технологічні показники	34	70	37	61	0,664
Середнє значення	34	70	38	60	0,883

Аналізуючи дані табл. 5.18, можна зробити висновок: хоч емпіричні значення критерію Фішера значно збільшились, вони все ще не перевищують його критичного значення $\varphi_{\text{кр}} = 1,64$. Отже, з достовірністю

95% слід прийняти нульову гіпотезу H_0 про те, що характеристики контрольної групи під час констатувального й контрольного експериментів суттєво не відрізняються. При цьому найбільша зміна відбулась у педагогічних показниках знаннєвого компонента.

Порівняємо результати констатувального й контрольного експериментів в експериментальній групі. Для цього проаналізуємо емпіричні значення критерію Фішера при порівнянні результатів обох експериментів для цієї групи, що наведено в табл. 5.19.

Таблиця 5.19

Значення критерію Фішера (φ) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні сформованості (рівні «Високий» і «Середній») компонентів у вибіркових сукупностях експериментальної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Компоненти	Високий та середній рівні		Початковий рівень		$\varphi_{\text{емп}}$ (при $\alpha = 0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотиваційний	39	78	65	47	4,390
Педагогічні показники	38	79	64	48	4,337
Технологічні показники	39	78	66	46	4,443
Діяльнісний	39	78	74	38	5,593
Педагогічні показники	39	78	76	36	5,985
Технологічні показники	40	78	72	41	5,206
Знаннєвий	36	81	69	43	5,152
Педагогічні показники	35	83	68	45	5,179
Технологічні показники	38	80	70	42	5,129
Середнє значення	38	79	69	43	5,040

Дані табл. 5.19 свідчать про те, що всі емпіричні значення критерію Фішера перевищують його критичне значення $\varphi_{\text{кр}} = 1,64$. Отже, з достовірністю 95% можна стверджувати, що характеристики

експериментальної групи під час констатувального і контрольного експериментів суттєво відрізняються, тобто слід прийняти альтернативну гіпотезу H_0 про суттєву відмінність цих характеристик. На відміну від контрольної групи, як видно з табл. 5.19, найбільших змін зазнали педагогічні показники діяльнісного компонента.

Підсумовуючи результати перевірки вірогідності експериментальних даних обома критеріями та порівнюючи їх із середніми значеннями результатів констатувального й контрольного експериментів, робимо висновок про те, що:

а) показники сформованості усіх компонент досліджуваної готовності для експериментальної групи суттєво збільшились порівняно з відповідними показниками контрольної групи, і що це збільшення відбулось саме завдяки застосуванню у контрольній групі розробленої моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

б) використання розробленої системи сприяє:

– інтенсифікації процесу навчання, підвищенню навчально-пізнавальної активності студентів, набуттю ними комунікативних навичок та вмінь, формуванню вмінь самостійно здійснювати навчально-пізнавальну діяльність та орієнтуватися в інформаційному просторі, формуванню цифрової грамотності студентів у проєктній діяльності та суттєвому поліпшенню їхньої професійної підготовки, зокрема підвищенню якості володіння цифровими технологіями, розуміння принципів створення робототехнічних систем;

– підвищенню результативності навчальної діяльності студентів на основі широкого використання сучасних педагогічних та робототехнічних технологій у проєктній діяльності, реалізації підходів і принципів сучасної парадигми вищої школи.

Таким чином, кількісний і якісний аналіз результатів дослідження підтвердив ефективність системи підготовки майбутніх учителів

природничо-математичних дисциплін застосуванню STEM технологій у практичній діяльності і засвідчив сформованість системи знань, умінь і навичок студентів, стійке умотивоване бажання щодо свого постійного професійного вдосконалення у своїй подальшій професійній діяльності, сформованість здатності до осмисленого аналізу, оцінювання й самооцінювання результатів роботи, прогнозування і моделювання.

Висновки до п'ятого розділу

Результати перевірки ефективності авторської моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій дають підстави зробити такі основні висновки до розділу:

1. Результати пілотного опитування і діагностичного зрізу, проведені серед 378 студентів з метою вивчення сучасного стану і виявлення проблем підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування інноваційних технологій, рівня викладання інтегрованих курсів, а також визначення їх академічної та професійної спрямованості, підтвердили актуальність обраної теми дослідження і дали змогу визначити, що переважна більшість респондентів є представниками покоління Net, при цьому рівень їх знань і навичок у галузі проєктної діяльності та технологій є недостатнім для застосування STEM технологій. Крім того, нами визначено, що готовність студентів до використання STEM технологій суттєво залежить від отриманого ними попереднього досвіду, а також активної участі в інтегративних заняттях з різних дисциплін та проєктній діяльності. На етапі констатувального експерименту було виділено контрольну групу 104 особи й експериментальну групу – 117 осіб. На час проведення контрольного етапу чисельність контрольної групи становила 98 осіб, а експериментальної – 112 осіб.

2. Експериментальна робота на формувальному етапі передбачала створення відповідних організаційно-педагогічних умов. Насамперед, було проведено вдосконалення змісту інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування, які викладалися в експериментальній групі. Зокрема, для спеціальності 014 Середня освіта (Математика) було введено окремі теми до робочих програм дисциплін «Методика викладання інформатики», «Проектування інформаційно-освітнього середовища сучасної школи», «Вибрані питання програмування». На спеціальності 013 Початкова освіта застосовувався розроблений нами «Практикум з програмування», для усіх педагогічних спеціальностей розроблено програму дисципліни за вибором «Освітня робототехніка».

Крім того, для студентів природничо-математичних спеціальностей та вчителів дисциплін природничо-математичного циклу було створено та впроваджено дистанційні курси для проведення семінарів: «Методика викладання робототехніки», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Впровадження елементів STEM-освіти у навчанні математики, фізики та інформатики», «Напрями проектної діяльності в контексті STEM-освіти». Створено банк STEM-розробок, який постійно поповнюється новими розробками. А для студентів педагогічних спеціальностей природничо-математичного спрямування було створено курс «Основи робототехнічних систем», у якому були реалізовані вимоги до завдань, що спрямовані на формування STEM-компетентності.

Для всіх спеціальностей (у тому числі й педагогічних) було розроблено курс за вибором «Освітня робототехніка» (Додаток Е). Для цього курсу на ресурсі Херсонського державного університету ksuonline.ksu.ks.ua створено відповідний дистанційний курс.

Для освітнього рівня «магістр» до навчального плану спеціальностей 014 Середня освіта (Математика), 014 Середня освіта (Інформатика) і 014 Середня освіта (Фізика) було введено дисципліну «Основи робототехнічних систем» (Додаток Г). Для освітнього рівня «бакалавр» до

навчальних планів усіх педагогічних спеціальностей було введено дисципліну за вибором «STEM-освіта і робототехніка» (Додаток Д).

Оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів було спрямовано на навчання майбутнього вчителя проєктній діяльності за допомогою робототехнічних систем і онлайн-інструментів, набуття ними науково-педагогічного досвіду, необхідного для оволодіння технологіями наукових досліджень та дослідної діяльності, а також STEM технологіями. Обрання освітніх робототехнічних систем зумовлено тим, що вони можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні інформатики, біології, фізики та ін., організували роботу студентів зі створення й участі у проєктах. При цьому ми використовували і враховували стратегії роботи з поколінням Net.

Студенти експериментальної групи також були залучені до роботи у STEM-школі, створеній у Херсонському державному університеті для дітей шкільного віку, що забезпечило їх соціальну взаємодію у професійному середовищі.

3. Результати аналізу отриманих статистичних даних за допомогою критерію Пірсона (критерій χ^2) та критерію Фішера, а також їх порівняння із середніми значеннями результатів констатувального і контрольного етапів педагогічного експерименту дають змогу стверджувати, що:

– на констатувальному етапі експерименту за жодною структурною складовою готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін між контрольною та експериментальною групами не було статистично значущої різниці порівняння рівнів за обома критеріями ($\alpha = 0,05$);

– на контрольному етапі експерименту порівняння рівнів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін експериментальної та контрольної груп за обома критеріями ($\alpha = 0,05$) засвідчило статистично значущі відмінності між рівнями готовності експериментальної та контрольної груп за визначеними складовими.

Отримані результати педагогічного експерименту засвідчили, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності в експериментальній групі відбулася ефективніше, ніж у контрольній, що підтверджує ефективність авторської моделі системи та визначених організаційно-методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Основні результати розділу опубліковано у працях [333; 369; 404; 452; 479; 480].

ВИСНОВКИ

Досягнення поставленої мети та реалізація завдань дослідження надали змогу сформулювати такі висновки й рекомендації:

1. Аналіз стану розробленості проблеми дослідження в педагогічній теорії та практичній діяльності закладів вищої освіти в Україні й за кордоном засвідчив її актуальність, новизну та практичну значущість, що зумовлює необхідність пошуку теоретичних і методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Актуальність проблеми дослідження також посилюється низкою викликів, що постають перед сучасною системою професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, такими як: реформування системи загальної середньої освіти (використання компетентностей для оцінювання результатів навчання здобувачів освіти, поява експериментальних програм з природничих дисциплін та інтегрованого курсу «Природничі науки»); необхідність урахування особистісних характеристик здобувачів загальної середньої освіти, які відповідно до теорії поколінь є представниками покоління Z, найважливішими з яких є зацікавленість у технологіях, можливість вибору, відкритість, незалежність, громадянський обов'язок і мораль, нехайна винагорода тощо; гендерна нерівність під час вибору професії майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, яка базується на упередженій думці про те, що техніка та технології – це галузі для хлопців, але професію вчителя при цьому обирають переважно дівчата.

Дослідження рівня впливу мотивації на вибір спеціальності, аналіз сучасних освітніх програм підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, практичного досвіду впровадження STEM-освіти в Україні та стану готовності учителів до цього.

Визначення практичного стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій

засвідчило таке: 1) в освітніх програмах підготовки майбутніх учителів фізики, математики, інформатики, біології наявні окремі STEM-дисципліни, що інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки, проте, системна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій не ведеться; 2) в Україні наявна велика кількість ініціативних груп влади, науковців та вчителів, які працюють і розробляють окремі напрями STEM-освіти, популяризують її серед учнівської молоді. Значну увагу при цьому приділено освітній робототехніці як одній зі складових STEM-освіти. Проте підготовка вчителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій ведеться ситуативно та епізодично; 3) вчителі природничо-математичних дисциплін також демонструють низький рівень обізнаності щодо STEM-освіти, недостатнє розуміння основних принципів її реалізації та використання STEM технологій. При цьому частина вчителів готові самостійно організувати діяльність учнів у галузі STEM-освіти, але частіше вони хочуть бути пасивними учасниками заходів, які присвячені питанням STEM-освіти, а не їх організаторами.

Охарактеризовано базові поняття дослідження, зокрема:

– поняття «система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій» визначено як множину підпорядкованих і взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

– поняття «підготовка» – як процес формування та розвитку знань, умінь, навичок, ціннісних орієнтацій та особистісних якостей, що необхідні для застосування STEM технологій у професійній діяльності, її результатом є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього;

– поняття «STEM» – як навчальну програму, яка використовує зазначені в назві навчальні дисципліни;

– поняття «STEM технології» – як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними та науково-дослідними знаннями й уміньми, а також формування в них цінностей «STEM-освіти»;

– поняття «STEM-дисципліни» – як інтегровану сукупність навчальних дисциплін, що сприяють опануванню природничо-математичних наук, формують і розвивають у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (математики, інформатики, фізики (астрономії), хімії, біології, трудового навчання (креслення)) знання й умінь (компетентності) з технології та інженерії.

З'ясовано, що в зарубіжних країнах упровадження STEM-освіти відбувається за різними концептами, проте за значної підтримки з боку держави та з популяризацією STEM-освіти серед молоді.

Характерними ознаками STEM-освіти є: наявність різноманітних програм і проєктів, проведення конкурсів серед академічних установ, проведення університетами безкоштовного підвищення кваліфікації вчителів, професійних навчальних семінарів для вчителів шкіл усієї країни, підготовка до впровадження STEM-освіти як майбутніх, так і вчителів, які вже працюють, більшість з яких – учителі молодшої та середньої школи, створення нових навчальних планів зі STEM-освіти робочими дослідницькими групами, до яких включені й вчителі природничо-математичних дисциплін, наявність різноманітних волонтерських програм, використання проєктного навчання (project-based learning), а також міжнародна співпраця з іноземними закладами вищої освіти. Не менш важливою є співпраця між майбутніми й вчителями, які вже працюють, у впровадженні STEM-освіти.

2. Методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування

STEM технологій у професійній діяльності на *філософському рівні* методології включають: загальні положення теорії пізнання, сучасну форму діалектичного методу та універсальні методологічні принципи (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії й практики).

Загальнонауковий рівень методології дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності представлений логічними прийомами пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія й формалізація) та системним і синергетичним підходами. Так, з позицій *системного підходу* необхідно: визначити основні структурні складові (підсистеми) системи підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності та їх елементи; окреслити субпідрядність, ієрархію, цілісність і взаємодію визначених структурних складових (підсистем); проаналізувати особливості її функціонування; визначити чинники, що впливають на досліджуваний процес. З позицій *синергетичного підходу* необхідно врахувати такі положення: система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відкритою й володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; досліджуваний процес професійної підготовки можна спрямувати шляхом слабких впливів на підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, але при цьому враховуючи його самокерованість і самоорганізацію; кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін також володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; майбутній учитель природничо-математичних дисциплін – складна відкрита система, що саморегулюється.

Конкретно-науковий рівень методології дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до

застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає розгляд досліджуваного феномену з позицій особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного підходів. Так, використання *особистісно орієнтованого підходу* передбачає виконання таких положень: якнайповніше врахувати індивідуальні особливості (творчий потенціал, освітні можливості, здібності) кожного здобувача вищої освіти; формувати в майбутніх учителів почуття толерантності й емпатійності як критично важливих для майбутньої професійної діяльності; забезпечувати мотивацію та самоактуалізацію здобувачів вищої освіти до навчання шляхом деталізації його мети, корегування змісту й використання інтерактивних технологій навчання; аудиторні та позааудиторні заняття будувати в контексті здійснення міждисциплінарних зв'язків; активно використовувати в процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін елементи монологу, діалогу та полілогу, а також обмін думками. Використання *компетентнісного підходу* зумовлює необхідність урахування таких положень: метою процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є формування їх STEM-компетентності; структура STEM-компетентності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін включає знаннєву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові; найважливішою структурною складовою STEM-компетентності є ціннісно-мотиваційна. Використання *культурологічного підходу* спрямовує на врахування таких положень: ніхто не живе в культурному вакуумі, тому всі рішення приймають залежно від соціального контексту; культура відіграє важливу роль у підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, оскільки вона є важливим компонентом для соціальної згуртованості в цілому та дає можливості для підвищення статусу й ролі особистості в суспільстві зокрема; в освітньому процесі дуже важливою стає культура особистісної взаємодії, яка виявляється шляхом спілкування

між майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, викладачами ЗВО та ЗЗСО; система ціннісних орієнтації майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін є динамічною, а не стабільною або наперед визначеною, що дозволяє зорієнтувати його цінності навколо STEM-освіти та застосування STEM технологій у професійній діяльності; STEM-культура майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін являє собою сукупність цінностей і норм поведінки, детермінованих необхідністю використання STEM технологій у професійній діяльності.

Для створення ефективної системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності необхідно дотримуватися сукупності з дванадцяти принципів: персоналізації, свідомої пізнавальної діяльності, самоорганізації, формування ціннісних орієнтацій, співробітництва й наставництва, діалогічності, інтегративності (інтеграції), трансдисциплінарності, зв'язку навчання із життям, значущості результатів навчання для особистості, зворотного зв'язку та постійного контролю.

3. Теоретично обґрунтовано концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка визначає: 1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти; 2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 5) авторське бачення

результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійної діяльності.

4. Розроблено структурно-функціональну модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка є графічним відображенням авторського бачення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Розроблена модель включає три взаємозалежні підпорядковані підсистеми: проєктивно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну. Так, *проєктивно-цільова підсистема* відтворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією підготовки, сукупністю принципів підготовки, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя, а також методичним забезпеченням, які в сукупності визначають теоретико-методологічні засади та спрямування процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. *Організаційно-діяльнісна підсистема* моделі відтворює основні етапи, їх завдання та організаційно-педагогічні умови, в яких необхідно реалізувати процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. *Аналітично-результативна підсистема* розробленої структурно-функціональної моделі відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Готовність майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності включає в себе педагогічну й технологічну структурні складові. Так, *педагогічна структурна складова* готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій стосується розуміння майбутнім учителем наукових і методичних засад упровадження STEM-освіти в практику ЗЗСО, його вміння реалізовувати проекти та застосовувати STEM технології у професійній діяльності. У цьому аспекті для вчителя важливо вміти організовувати роботу здобувачів освіти над проектом у групі, особливо важливо правильно спланувати роботу над проектом та поділити ролі й завдання в групу. Загалом педагогічна діяльність учителя природничо-математичних дисциплін повинна забезпечити формування в здобувачів освіти цілісної наукової картини світу, усвідомлення ними практичної цінності знань з математики, фізики, інженерії та інших природничо-математичних дисциплін, а також сформувати в них «м'які» вміння, необхідні для життєдіяльності в інформаційному суспільстві. *Технологічна структурна складова* готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності стосується здатності самого вчителя опановувати технології STEM-освіти, зокрема, роботизовані конструктори та їхнє середовище програмування, уміння передбачати, з якими труднощами можуть зіткнутися здобувачі освіти в процесі оволодіння новими технологіями, вибирати технічні засоби, які найкраще відповідають освітнім завданням, тощо. При цьому кожна із цих структурних складових характеризують знаннєвий, діяльнісний та ціннісно-мотиваційний змістові компоненти готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін.

Під час дослідження за кожною структурною складовою виділено три рівні готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності:

початковий, середній та високий. Так, *початковий рівень* – засвоєння знань, базових наукових теорій – передбачає можливість майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін пояснювати нові спостережувані факти на основі засвоєних теорій. *Середній рівень* – поглиблення знань, формування системи наукових знань – є основою наукової картини світу майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, включає вміння планувати експерименти, проводити спостереження, порівняння, опис. *Високий рівень* – створення знань, теоретичних узагальнень – передбачає накопичення, аналіз і систематизацію фактів, експериментальних даних, а також спроби їх пояснити.

5. Серед організаційно-педагогічних умов, що забезпечують ефективність реалізації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, визначено: 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій; 2) реалізацію майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки; 3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

6. Педагогічний експеримент з перевірки ефективності моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності проведено протягом 2015–2020 рр., до нього були залучені 378 студентів Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДПУ), Бердянського державного педагогічного університету (БДПУ), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (ВДПУ), Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (ЛНУ), Харківського національного педагогічного

університету імені Г. С. Сковороди (ХНПУ), Класичного приватного університету (м. Запоріжжя) (КПУ).

Експериментальна робота з підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на формувальному етапі передбачала вдосконалення змісту інтегративних курсів педагогічного й професійного спрямування, реалізацію студентами проєктної діяльності та створення відповідних організаційно-педагогічних умов. Для виконання проєктів обрано освітні робототехнічні системи, які можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні інформатики, біології, фізики тощо; організовано роботу студентів зі створення проєктів. При цьому використано й враховано стратегії роботи з поколінням Z.

Результати педагогічного експерименту засвідчили, що на констатувальному етапі експерименту за жодною структурною складовою готовності майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін між контрольною та експериментальною групами не було статистично значущої різниці при порівнянні рівнів готовності за критерієм Пірсона (критерій χ^2) та критерієм Фішера ($\alpha=0,05$), а на контрольному етапі експерименту порівняння рівнів готовності майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін експериментальної та контрольної груп і за критерієм Пірсона (критерій χ^2), і за критерієм Фішера ($\alpha=0,05$) виявило статистично значущі відмінності між ними. Такі результати педагогічного експерименту дають підстави стверджувати, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій в експериментальній групі відбулася ефективніше, ніж у контрольній, що підтверджує ефективність авторської структурно-функціональної моделі системи та визначених організаційно-методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Таким чином, вирішено завдання дослідження та досягнуто його мету.

Здійснене дослідження не вичерпує всіх аспектів розв'язання проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Зокрема, існує потреба в теоретичному обґрунтуванні та організації масштабного експерименту з професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з використанням штучної нейронної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агошкова Е. Б., Ахлибининский Б. В. Эволюция понятия системы. *Вопросы философии*. 1998. № 7. С. 170–179.
2. Адаменко О. Методологічні засади дослідження історії розвитку педагогічної науки. *Рідна школа*. 2013. № 1–2. С. 8–14.
3. Адольф В. А. Профессиональная компетентность современного учителя : монография. Красноярск : КрГУ, 1998. 286 с.
4. Александров Г. Н., Иванкова Н. И., Тимошкина Н. В., Чшиева Т. Л. Педагогические системы, педагогические процессы и педагогические технологии в современном педагогическом знании. *Educational Technology & Society*. 2000. № 3 (2). P. 134–149.
5. Алфімов Д. В. Структурно-змістовний контент поняття технології. *Науковий вісник Донбасу*. 2011. № 3 (15). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvd_2011_3_2 (дата звернення: 12.09.2019).
6. Андрущенко В. Філософія освіти: поняття і предметне поле. *Філософські засади трансформації вищої освіти в Україні на початку XXI століття: Серія: Модернізація вищої освіти: світоглядно-педагогічні проблеми*. Київ : Педагогічна думка, 2007. С. 81–98.
7. Бабанский Ю. К. Оптимизация учебно-воспитательного процесса (Методические основы). Москва : Просвещение, 1982. 192 с.
8. Багрій В. Н. Критерії та рівні сформованості професійних умінь майбутніх соціальних педагогів. *Збірник наукових праць Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна»*. 2012. № 6. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpkhist_2012_6_4.pdf (дата звернення: 12.12.2019).
9. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2017. № 2. С. 26–30.
10. Барна О. В., Балик Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в*

навчально-виховний процес : зб. матеріалів І Регіон. наук.-практ. веб-конф. (Тернопіль, 24 травня 2017 р.). Тернопіль : ТОКІППО, 2017. С. 3–8.

11. Батароев К. Б. Аналогии и модели в познании. Новосибирск : Наука, 1981. 320 с.

12. Белый И. В., Власов К. П., Клепиков В. Б. Основы научных исследований и технического творчества. Харьков : Вища школа, 1989. 199 с.

13. Бех І. Д. Особистісно зорієнтоване навчання. Київ : ІЗМН, 1998. 204 с.

14. Биков В. Ю. Суспільство знань і освіта 4.0. *Освіта для майбутнього у світлі викликів ХХІ століття*. Bydgoszcz : Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, 2017. С. 30–45.

15. Биков В. Ю., Спирін О. М., Пінчук О. П. Проблеми та завдання сучасного етапу інформатизації освіти. *Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України)*. Київ, 2017. С. 191–198.

16. Бирка М. Ф. Бар'єри, виклики та принципи ефективної реалізації STEM освіти в Україні. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія «Педагогічні науки»*. 2018. С. 6–24.

17. Білик Ж. І., Постова К. Г. Методика та організація навчально-дослідницької діяльності учнів з біології в контексті STEM-підходу в освіті. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. № 6. С. 27–31.

18. Біляковська О. О., Мицишин І. Я., Цюра С. Б. Дидактика вищої школи : навч. посіб. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 360 с.

19. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. Москва : Наука, 1973. 270 с.

20. Бобрышев С. В. Система методологических подходов к изучению историко-педагогического процесса. *Вестник Костромского*

государственного университета им. Н. А. Некрасова: Основной выпуск. 2006. Т. 12. № 2. С. 41–46.

21. Бодянский Е. В., Руденко О. Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. Харьков : ТЕЛТЕХ, 2004. 369 с.

22. Бойко В. А. Паттерни покоління сучасного ринку праці: культурні детермінанти і структурна диференціація. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Соціологія і політичні науки*. 2013. № 18. Вип. 3. С. 31–36.

23. Болюбаш Н. М. Формування професійної компетентності майбутніх економістів засобами мережевих технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Ялта, 2011. 290 с.

24. Бондаревская Е. В., Кульневич С. В. Педагогика: личность в гуманистических теориях и системах воспитания. Москва ; Ростов-на-Дону, 1999. 560 с.

25. Ботузова Ю. В. Динамічні моделі GeoGebra на уроках математики як основа STEM-підходу. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 3. С. 31–35.

26. Братаніч Б. В., Ільченко І. Г. Самоактуалізація особистості та освіта. *ФПО*. 2011. № 2. С. 13–20.

27. Буган Ю. В. Психологічна компетентність вчителя в умовах нової української школи. *Психологічна культура вчителя в контексті викликів сучасності* : зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (5–6 квіт. 2017 р.). Тернопіль : Тайп, 2017. С. 37–39. URL: <http://dspace.tneu.edu.ua/bitstream/316497/21010/1/37-39.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

28. Будко В. В. Философия науки : учеб. пособ. Харьков : Консум, 2005. 268 с.

29. Бурдейна Н. Б. Оптимізація та інтенсифікація як основні чинники підвищення ефективності навчального процесу у вищій школі. *Науковий часопис Національного педагогічного університету*

імені М. П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі. 2011. Вип. 7. С. 20–24.

30. Буров О. Ю., Камишин В. В., Поліхун Н. І., Ашерев А. Т. Технології використання мережевих ресурсів для підготовки молоді до дослідницької діяльності: монографія / за ред. О. Ю. Булова. Київ: ТОВ «Інформаційні системи», 2012. 416 с.

31. Валько Н. В. STEM-освіта вчителів у країнах Сходу та Австралії. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2018. № 61. С. 36–47. URL: <http://library.uipa.edu.ua/resources/engineers-pedagogik/zbirnik-naukovikh-prats.html> (дата звернення: 10.12.2019).

32. Валько Н. В. Аналіз освітніх програм навчання майбутніх учителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок*. 2019. № 10 (177). С. 101–106. URL: http://mr.dspu.edu.ua/publications/2019/10_177_2019.pdf (дата звернення: 10.01.2020).

33. Валько Н. В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 40. С. 38–47. URL: http://ite.kspu.edu/issue_40/p-38-47 (дата звернення: 10.12.2019).

34. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 3. С. 9–20. URL: <http://eprints.mdpu.org.ua/> (дата звернення: 10.12.2019).

35. Валько Н. В. Аналіз та перспективи підготовки майбутніх учителів інтегрованого курсу «Природничі науки». *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2019. Вип. 2. С. 170–178. URL: <http://pedagogy.bdpu.org/wp-content/uploads/2019/10/19.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

36. Валько Н. В. Компетентнісний підхід до формування STEM-культури майбутніх учителів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. № 5 (1187). С. 23–31.

37. Валько Н. В. Побудова моделі STEM-навчання засобами нейронних мереж. *Педагогічний альманах*: зб. наук. пр. Херсон: КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2019. С. 128–135.

38. Валько Н. В. Побудова моделі особистісно-орієнтованого STEM-навчання. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. Запоріжжя, 2019. Вип. 67. URL: <http://pedagogy-journal.kpi.zp.ua/> (дата звернення: 10.12.2019).

39. Валько Н. В. Проєктно-дослідна складова STEM-навчання на прикладі створення моделі безпілотного транспорту. *Вісник Запорізького національного університету*. 2019. № 2 (33). С. 9–12. URL: <http://visnykznu.org/issues/2019/2019-ped-2/3.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

40. Валько Н. В. Стан реалізації STEM-освіти майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у Європейському союзі. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. 2018. Вип. 3 (62). Т. 2. С. 52–58. URL: http://mdu.edu.ua/?page_id=1502 (дата звернення: 10.12.2019).

41. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень – шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2019. № 2 (69). Ч. 2. С. 280–287.

42. Валько Н. В., Кушнір Н. О. Гнучкість ІКТ-підготовки майбутніх учителів під впливом швидких змін цифрового світу. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2015. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeeetu_2015_1_6 (дата звернення: 10.12.2019).

43. Валько Н. В. Визначення STEM-культури як складової професійної культури на основі аналізу наукових досліджень. *Педагогічні науки*: зб. наук. пр. 2018. № 84. Т. 2. С. 78–82.

44. Валько Н. В., Савченко О. Г., Кузьмич Л. В., Кавун Г. М. Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни. Херсон : Айлант, 2014. 430 с.
45. Варій М. Й. Загальна психологія : підручник. 2-ге вид., випр. і доп. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 968 с.
46. Ващенко Г. Г. Загальні методи навчання : підруч. для педагогів. Київ : Укр. вид. спілка, 1997. 415 с.
47. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. Київ ; Ірпінь : ВТФ Перун, 2009. 1736 с.
48. Виленский М. Я. Социокультурный потенциал развития личности студента в физической культуре. *Педагогическое образование и наука*. 2008. № 8. С. 4–8.
49. Винарский М. С., Лурье М. В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. Киев : Техника, 1975. 168 с.
50. Власюк О. Структура професійної культури сучасного фахівця. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»*. Серія: Психологія і педагогіка. 2008. № 11. С. 29–34.
51. Волкова Н. П. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2007. 615 с.
52. Вострікова В. В. Особливості використання STEM-технологій на уроках німецької мови. *Педагогічний альманах*. 2017. Вип. 36. С. 50–55.
53. Врублевская М. М., Зыкова О. В. Профорієнтаційна робота в школі : метод. рекомендації. Магнітогорск : МаГУ, 2004. 80 с.
54. Всеукраїнські змагання Роботрафік. URL: <http://socrat.in.ua/robotics/> (дата звернення: 10.12.2019).
55. Гаврилюк В. В., Трикоз Н. А. Динамика ценностных ориентаций в период социальной трансформации (поколенный подход). *Социологические исследования*. 2002. № 1. С. 96–105.
56. Ганніченко Т. А. Аналіз міжнародного досвіду STEM-освіти (на прикладі Австралії). *Молодий вчений*. 2019. № 4 (2). С. 239–242.

57. Герасимович І. П. Особливості дітей покоління Z: презентація. URL: <https://naurok.com.ua/osoblivosti-ditey-pokolinnya-z-123325.html> (дата звернення: 10.12.2019).
58. Гірний О. І. STEM-освіта в Україні – модернізація чи імітація. *Постметодика*. 2016. № 1. С. 20–25.
59. Гладуш В. А., Лисенко Г. І. Педагогіка вищої школи: теорія, практика, історія : навч. посіб. Дніпропетровськ, 2014. 416 с.
60. Гнезділова К. М., Касярум С. О. Моделі та моделювання у професійній діяльності викладача вищої школи : навч. посіб. Черкаси : Видавець Чабаненко Ю. А., 2011. 124 с.
61. Гончаренко С. У. Методологічні характеристики педагогічних досліджень. *Педагогіка і психологія*. 1993. № 1. С. 11–23.
62. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. Київ ; Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2008. 278 с.
63. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник. Київ : Либідь, 1997. 374 с.
64. Гончарова Н. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки*. 2017. № 10. С. 104–114.
65. Гончарова Н. О. Використання ігрових технологій в STEM-освіті. *Нові технології навчання*. 2016. Вип. 88. Ч. 2. С. 160–163.
66. Горкуненко П. П. Підготовка студентів педагогічного коледжу до науково-дослідної роботи : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Вінниця, 2007. 265 с.
67. Горяча Л. О., Прокопенко Т. С., Коломієць І. В. Квазіпрофесійна діяльність студентів як форма оволодіння професійними компетентностями. *Шляхи удосконалення підготовки фармацевтів* : матеріали Всеукр. дистанційної наук.-метод. конф. (м. Харків, 22 квіт. 2019 р.). Харків : Коледж НФаУ, 2019. С. 98–99.

68. Гриб'юк О. О. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на психофізіологічний розвиток молодого покоління. *Science of future : Proceedings of International scientific-practical conference of teachers and psychologists* (5th of March, 2014). Prague, 2014. Vol. 1. P. 190–207.

69. Гриб'юк О. О. Впровадження stem-освіти в рамках дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня «варіативні моделі комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу в загальноосвітньому навчальному закладі». *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі*. 2017. Вип. 18. С. 44–50.

70. Гриб'юк О. О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. *FOSS Lviv 2017 : матеріали сьомої наук.-практ. конф.* Львів, 2017. С. 38–43.

71. Гриньова В. М. Про співвідношення понять професіоналізм, професійна культура, професійна компетентність, професійна підготовка. *Педагогіка та психологія*. 2014. № 45. С. 74–84.

72. Груша Л. О. Особистісно-орієнтоване навчання та виховання у вищих медичних навчальних закладах. *Психолого-педагогічні науки*. 2014. № 1. С. 111–114.

73. Грушко И. М., Сиденко В. М. Основы научных исследований. Харьков : Вища школа, 1983. 224 с.

74. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. Москва : Изд-во физико-математической литературы, 2010. 228 с.

75. Губерський Л. В., Андрущенко В. П., Михальченко М. І. Культура, ідеологія, особистість. Київ : Знання України, 2002. 580 с.

76. Гулай О. І., Фурс Т. В., Шемет В. Я. STEM-спрямування навчання природничонаукових дисциплін у технічному університеті. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету*

імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки. 2019. № 177 (1). С. 124–129.

77. Гуменний О. Д. Концепція проектування smart-комплексів навчальних дисциплін для закладів професійної (професійно-технічної) освіти. *Теорія і методика професійної освіти. 2018. № 2 (18). С. 100–112.*

78. Данилова Г. С. Управління процесом становлення професійної компетентності методиста. Київ : УПКККО, 1995. 80 с.

79. Данильян О. Г., Тараненко В. М. Філософія : підручник. 2-ге вид., доп. і перероб. Харків : Право, 2012. 312 с.

80. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование: сущность, эффективность и ... неопределённость. *Педагогика. 2003. № 4. С. 21–26.*

81. Державні стандарти загальної середньої світи. <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/derzhavni-standarti> (дата звернення: 10.12.2019).

82. Державні стандарти професійної освіти: теорія і методика : монографія / за ред. Н. Г. Ничкало. Хмельницький : ТУП, 2002. 334 с.

83. Діхтярь О. В. Сутність та проблеми впровадження STEM у шкільну географічну освіту: постановка та обґрунтування актуальності. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки. 2019. № 177 (1). С. 144–147.*

84. Доброштан О. О. Реалізація принципу прикладного та професійного спрямування щодо математичної підготовки майбутніх фахівців морської галузі у контексті STEM-освіти. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки. 2018. Вип. 168. С. 82–86.*

85. Доклад международной комиссии по образованию, представленный ЮНЕСКО «Образование: сокрытое сокровище». Москва : ЮНЕСКО, 1997. 65 с.

86. Дружилов С. А. Психологические проблемы формирования профессионализма и профессиональной культуры специалиста. Новокузнецк : ИПК, 2000. 127 с.

87. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України, гол. ред. В. Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.

88. Енциклопедія педагогічних технологій та інновацій / автор-укл. Н. П. Наволокова. Харків : Основа, 2009. 176 с.

89. ЄДЕБО: Вступна кампанія 2019. URL: <https://vstup.edbo.gov.ua/statistics/konkurs/> (дата звернення: 10.01.2019).

90. Єріна А. М., Захожай В. Б., Єрін Д. Л. Методологія наукових досліджень. Київ, 2004. 212 с.

91. Єрмоленко А. Б. Розвиток національного освітнього простору в контексті надбань теорії поколінь. *Вісник Національного університету оборони*. 2015. № 3 (40). С. 82–87.

92. Жижко Т. А. Педагогічна система один із чинників впровадження ідеї інтенсифікації у професійній підготовці майбутніх фахівців. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 11. Соціологія. Соціальна робота. Соціальна педагогіка. Управління*. 2005. Вип. 3. С. 144–151.

93. Загальна декларація ЮНЕСКО про культурну різноманітність від 2.11.2001. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/cultural_diversity.shtml (дата звернення: 10.12.2019).

94. Затверджені стандарти вищої освіти 21.11.2019 № 1456, 2019/2020. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti> (дата звернення: 10.12.2019).

95. Звіт про результати першого циклу загальнодержавного моніторингового дослідження якості початкової освіти «Стан сформованості читацької та математичної компетентностей випускників початкової школи закладів загальної середньої освіти». URL: <http://testportal.gov.ua/zvity-dani-2/> (дата звернення: 10.12.2019).

96. Зеер Э. Ф., Павлова А. М., Садовникова Н. О. Профориентология : учеб. пособ. для высшей школы. Москва : Высшая школа, 2005. 159 с.
97. Зимняя И. А. Научно-исследовательская работа: методология, теория, практика организации и проведения. Москва, 2000. 28 с.
98. Зязюн І. Педагогічна майстерність. Київ, 1997. 349 с.
99. Игнатова В. А. Педагогические аспекты синергетики. *Педагогика*. 2011. № 8. С. 26–31.
100. Информационные и коммуникационные технологии в образовании : монография / под ред. Б. Дендева. Москва : ИИТО ЮНЕСКО, 2013. 320 с.
101. Ионова О. Н. Теоретические аспекты формирования информационной компетентности взрослых. *Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2006. № 39. С. 84–85.
102. Исаев И. Ф. Профессионально-педагогическая культура преподавателя : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. Москва : Академия, 2002. 208 с.
103. Исаев И. Ф. Школа как педагогическая система: основы управления. Белгород : Издво БГУ, 1997. 145 с.
104. Іваницький О. І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі : монографія. Запоріжжя : Прем'єр, 2001. 266 с.
105. Іваницький О. І. Формування інтегральної компетентності майбутнього вчителя фізики на засадах акмеологічного, контекстного та компетентнісного підходів. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський нац. ун-т ім. Івана Огієнка, 2017. Вип. 23: Теоретичні і практичні основи управління процесами компетентнісного становлення майбутнього учителя фізико-технологічного профілю. С. 129–132.

106. Інститут модернізації змісту освіти. STEAM-освіта: інноваційна науково-технічна система навчання. URL: <http://ippo.kubg.edu.ua/content/11373> (дата звернення: 10.12.2019).

107. Інститут модернізації змісту освіти: відділ STEM освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/proimzo/struktura/viddil-stem-osviti> (дата звернення: 10.12.2019).

108. Ісаєнко С. А., Родкевич О. Г. Формування професійної культури майбутнього фахівця: до постановки проблеми. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. 2014. Vol. II (12). Issue 25. P. 50–54.

109. Ісаєнко С. А. Формування професійної культури у студентів інженерно-технічних спеціальностей засобами іноземної мови : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Київ, 2009. 227 с.

110. IT-школяр. URL: <https://www.itscholar.com.ua/> (дата звернення: 10.12.2019).

111. Каган М. С. Философия культуры. Санкт-Петербург : Петрополис, 1996. 561 с.

112. Каган М. С. Общее представление о культуре. Введение в культурологию : курс лекций. Санкт-Петербург : Петрополис, 2003. С. 6–14.

113. Каган М. С. Человеческая деятельность (Опыт системного анализа). Москва, 1974. 328 с.

114. Капська А. Й. Соціальна робота: деякі аспекти роботи з дітьми тамолоддю : навч.-метод. посіб. Київ : УДЦССМ, 2001. 220 с.

115. Карасевич С. А. Сутність поняття «готовність майбутніх учителів фізичної культури до фізкультурно-спортивної діяльності в ЗОШ». *Ключові аспекти розвитку сучасної науки* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Ужгород, 27 лют. 2017 р.). Одеса : Друкарник, 2017. Т. 2. С. 26–30.

116. Кістін Ю. О. До проблеми формування дослідницьких умінь майбутніх біологів. *Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2014. Вип. 47. С. 99–109.

117. Кіт І. В., Кіт О. Г. Розвиток STEM-освіти в школі. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2014. № 4. С. 3–4.

118. Кловак Г. Т. Генеза підготовки майбутнього вчителя до дослідницької педагогічної діяльності у вищих педагогічних навчальних закладах України (кінець XIX – XX століття) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01. Київ, 2005. 42 с.

119. Князева Е. Н. Одиссея научного разума: синергетическое видение научного прогресса. Москва : ИФРАН, 1995. 228 с.

120. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. Санкт-Петербург : Алетейя, 2002. 414 с.

121. Коатс Дж. Поколения и стили обучения. Москва : МАПДО ; Новочеркасск : НОК, 2011. 121 с.

122. Коваленко В. С., Стець Н. В., Варлалюк В. Ф. Інтеграція природничих знань як неодмінна складова STEM-освіти. *Імідж сучасного педагога*. 2019. № 3 (186). С. 10–13.

123. Коваленко О., Сапрунова О. STEM-освіта: досвід упровадження в країнах ЄС та США. *Рідна школа*. 2016. № 4. С. 46–49.

124. Компетентнісно орієнтована методика навчання математики в основній школі : метод. посіб. / О. І. Глобін, М. І. Бурда, Д. В. Васильєва, В. В. Волошена, О. П. Вашуленко, Н. Д. Мацько, Т. М. Хмара. Київ : Педагогічна думка, 2015. 245 с.

125. Корінний М. М., Шевченко В. Ф. Короткий енциклопедичний словник з культури. Київ, 2003. 384 с.

126. Коростіль Л. А. Покоління Z: пошук способів педагогічної взаємодії. *Народна освіта*. 2018. № 1 (34). URL: https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=5229 (дата звернення: 10.12.2019).

127. Коростіль Л. А. Самоосвіта особистості як соціальне та педагогічне явище. *Педагогічні науки*. 2009. № 1. С. 138–145.

128. Короткий тлумачний словник української мови: Близько 6750 слів / під ред. Д. Г. Гринчишина. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Рад. шк., 1988. 320 с.

129. Кохановська О. В. Теорія і практика розвитку прирожденно-математичної освіти у дівчат у навчальних закладах України (XIX – початок XX століття) : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01. Тернопіль, 2019. 629 с.

130. Краевский В. В., Бережнова Е. В. Методология педагогики: новый этап : учеб. пособ. для студ. высш. пед. учеб. завед. Москва : Академия, 2006. 400 с.

131. Крамаренко І. С., Ночвінова О. В. *Інноваційна діяльність* : зб. нормативно-правових актів щодо матеріально-технічного забезпечення галузі освіти. Київ, 2019. 80 с. URL: <https://nus.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/ostatochna-innovatsijna.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

132. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 4. С. 90–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fmo_2018_4_16 (дата звернення: 10.12.2019).

133. Кремень В. Г., Ільїн В. В. Феномен інновації: освіта, суспільство, культура : монографія / за ред. В. Г. Кременя. Київ : Педагогічна думка, 2008. 472 с.

134. Кремень В. Г. Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму : монографія. Київ : Педагогічна думка, 2012. 368 с.

135. Кривоносова В. А. Компетентнісний підхід до підготовки майбутніх учителів англійської мови з використанням інформаційних технологій. *Вісник ЛНУ імені Тараса Шевченка*. 2010. № 1 (188). С. 224–231.

136. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. Москва : Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.

137. Кудикина Н.В. Методологічне забезпечення наукових досліджень у сфері професійної освіти. *Теоретичні питання культури, освіти та виховання*. Вип. 38. С. 82–85.

138. Кузмінський А. І., Омеляненко В. Л. Педагогіка : підручник. Київ : Знання-Прес, 2003. 418 с.

139. Кузьменко О. С. STEM-моделювання фізичних явищ у процесі навчання студентів професійно-технічним дисциплінам в закладах вищої освіти. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 168. С. 120–124.

140. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. Формування STEM-компетентностей студентів під час розв'язування фізичних задач з поєднанням принципу симетрії в вищих технічних навчальних закладах. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна*. 2017. Вип. 23. С. 20–22.

141. Кузьміна Н. В. Понятие «педагогической системы» и критерии ее оценки. *Методы системного педагогического исследования*. 2-е изд. Москва : Народное образование, 2002. С. 7–52.

142. Кузьмінська О. Г. Трансформація системи освіти та роль ІКТ у процесі підготовки майбутніх освітніх лідерів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2015. № 16 (23). С. 128–132.

143. Кун Т. Структура научных революций. Москва : Прогресс, 1977. 300 с.

144. Кух А. Освітнє середовище в структурі інноваційної системи фахової підготовки майбутніх учителів фізики. *Збірник наукових праць*

Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. 2008. № 14. С. 73–76.

145. Кух А. М. Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів фізики в умовах освітньо-інформаційного середовища : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Київ, 2018. 455 с.

146. Кух А. М. Теоретико-методичні засади формування системи методичної підготовки вчителів фізики : монографія. Київ : Вид. КПУ ім. Драгоманова, 2006. 260 с.

147. Кух А. М., Кух О. М. STEM-освіта та технологія уточнення компетентностей. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2017. Вип. 12 (2). С. 170–179.*

148. Кушнір Н. О., Валько Н. В., Осипова Н. В., Кузьмич Л. В. Відкриті освітні ресурси для організації навчання у контексті STEM-освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2017. Вип. 3. С. 247–255.*

149. Лаврентьєва О. Науково-дослідницька діяльність майбутніх учителів у системі вдосконалення методологічної культури. *Фізико-математична освіта. Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2015. № 1 (4). С. 7–13.*

150. Лаврентьєва О. О. Розвиток методологічної культури майбутніх учителів природничих дисциплін у процесі професійної підготовки: теоретико-методичний аспект : монографія. Київ : КНТ, 2014. 456 с.

151. Лаврентьєва О. О. Теоретичні і методичні засади розвитку методологічної культури майбутніх учителів природничих дисциплін у процесі професійної підготовки : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04. Київ, 2015. 530 с.

152. Лекторский В. А. Субъект, объект познания. Москва : Наука, 1980. 359 с.

153. Леонтьев А. И. Проблемы развития психики. 4-е изд. Москва, 1981.
154. Леонтьев Д. А. Развитие идеи самоактуализации в работах А. Маслоу. *Вопросы психологии*. 1987. № 3. С. 150–158.
155. Липский И. А. Социальная педагогика: методологический анализ : монография. Москва : ТЦ Сфера, 2004. 320 с.
156. Литвин А. В. Методологічні засади поняття «педагогічні умови»: на допомогу здобувачам наукового ступеня. Львів : СПОЛОМ, 2014. 76 с.
157. Лісова С. В. Професійна педагогічна освіта: компетентнісний підхід : монографія / за ред. О. А. Дубасенюк. Житомир : Видво ЖДУ ім. І. Франка, 2011. С. 34–53.
158. Літвінова М. Б. Технологізація як адаптаційний підхід до сучасного навчання у вишах. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2017. Т. 1. № 11. С. 161–168.
159. Літвінчук С. Б. Педагогічні аспекти напрямків сучасної освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогіка і психологія*. 2002. Вип. 6. С. 8–10.
160. Лук'янець В. С., Кравченко О. М., Озадовська Л. В. та ін. Світоглядні імплікації науки. Київ : ПАРАПАН, 2004. 408 с.
161. Лук'янова Л. Б. та ін. Освіта дорослих: теоретичні і методологічні засади: монографія. Київ : Педагогічна думка, 2012. 272 с.
162. Лутай В. С. Філософія сучасної освіти. Київ : Магістр, 1996. 256 с.
163. Луценко Г. В., Козуля Л. В. Аналіз особливостей впровадження проблемно-орієнтованого навчання у системі вищої освіти України. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2016. № 138. С. 91–95.
164. Малихін О. В. Організація самостійної навчальної діяльності студентів вищих педагогічних навчальних закладів: теоретико-методологічний аспект : монографія. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. 307 с.

165. Мартинюк О. С. Методичні аспекти навчання студентів-фізиків основам робототехніки. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка*. 2012. Вип. 99. С. 237–240.

166. Мартинюк О. С. Особливості підготовки фахівців у галузі освітньої робототехніки. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. 2013. № 19. С. 168–170.

167. Марчук М. Аксіологічний потенціал наукового знання: поняття, структура, спосіб актуалізації : автореф. дис. ... д-ра філос. наук : 09.00.09. Київ, 2003. 23 с.

168. Матвєєва Л. Л. Проблема визначення культури. *Культурологія : курс лекцій*. Київ : Либідь, 2005. 512 с.

169. Методика навчання і наукових досліджень у вищій школі : навч. посіб. / С. У. Гончаренко, П. М. Олійник, В. К. Федорченко та ін. ; за ред С. У. Гончаренка, П. М. Олійника. Київ : Вища шк., 2003. 323 с.

170. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік : Лист Інституту модернізації змісту освіти № 21.1/10-1470 від 13.07.2017. URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/ (дата звернення: 10.12.2019).

171. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти на 2018/2019 навчальний рік : Лист Інституту модернізації змісту освіти № 22.1/10-2573 від 19.07.2018. С. 4.

172. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2019/2020 навчальному році : Лист Інституту модернізації змісту освіти № 22.1/10-2876 від 22 серпня 2019 р. URL: http://osvita.ua/legislation/Ser_osv/65463 (дата звернення: 10.12.2019).

173. Методичні рекомендації щодо розроблення стандартів вищої освіти : Наказ Міністерства освіти і науки України від 01.06.2017 № 600 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки України від 21.12.2017 № 1648). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/rekomendatsii-1648.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

174. Методы системного педагогического исследования : учеб. пособ. / под ред. Н. В. Кузьминой. Москва : Народное образование, 2002. 208 с.

175. Миколаєнко Н. М. Формування професійної культури майбутніх редакторів дитячих освітніх видань у процесі фахової підготовки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Житомир, 2017. 266 с.

176. Михайліченко М. В., Рудик Я. М. Освітні технології : навч. посіб. Київ : ЦП «Компринт», 2016. 583 с.

177. Міжнародна зелена школа. URL: <http://openpolicy.org.ua/igs/> (дата звернення: 10.12.2019).

178. Мільто Л. О. Методологічні засади дослідження розвитку ідей педагогічної майстерності вчителя. *Вісник Мукачівського державного університету. Серія «Педагогіка та психологія»*. 2017. Вип. 2 (6). С. 150–153.

179. Міністерство освіти і науки України: Загальна середня освіта. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/zagalna-serednya-osvita> (дата звернення: 10.12.2019).

180. Мірошникова А. Головні риси сучасних школярів та як їх спрямувати в корисне русло. URL: <https://osvitoria.media/opinions/yak-vchytelyam-porozumitysya-z-tsyfrovyum-pokolinnnyam-ditej-porady-psyhologa/> (дата звернення: 10.12.2019).

181. Мойсеєнко Р. М. Активізація пізнавальної діяльності майбутніх фахівців засобами активних методів навчання в умовах університетської освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка. 2017. Вип. 159. С. 97–103.

182. Мойсеюк Н. Є. Педагогіка : навч. посіб. Київ, 2007. 656 с.

183. МОН шукає школи, які готові пілотувати інтегрований курс «Природничі науки» для 10-х класів. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-shukaye-shkoli-yaki-gotovi-pilotuvati-integrovanij-kurs-prirodnichi-nauki-dlya-10-h-klasiv> (дата звернення: 10.12.2019).

184. Морзе Н. В., Гладун М. А., Дзюба С. М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 65. № 3. С. 37–52.

185. Морзе Н., Струтинська О., Умрик М. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2018. № 5. С. 178–187.

186. Моторіна В. Г., Соловей З. П. Проблема впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх навчальних закладах (досвід Туреччини). *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 168. С. 160–164.

187. Мукай Т. В. Застосування сучасних ІКТ з метою формування індивідуальної навчальної рефлексивно-гуманістичної траєкторії розвитку учня середньої школи. *Інформаційні технології в освіті*. 2015. № 22. С. 141–157.

188. Навчальна програма з природничих наук (інтегрований курс) для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року / авт. кол. під кер. Т. Засекіної.

189. Навчальна програма з природничих наук (інтегрований курс) для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року / авт. кол. під кер. В. Р. Ільченко.

190. Навчальна програма з природничих наук (інтегрований курс) для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства

освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року / авт. кол. під кер. І. Дьоміної.

191. Навчальна програма з природничих наук (інтегрований курс) для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року / автори: Д. Шабанов, О. Козленко.

192. Наукові записки Малої академії наук України : зб. наук. пр. / Національний центр «Малая академія наук України»; редкол.: С. О. Довгий (голова), О. Є. Стрижак, І. М. Савченко (відп. ред.) та ін. Київ : Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2016. Вип. 8. 272 с.

193. Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки : зб. наук. пр. / редкол.: С. О. Довгий (голова), О. Є. Стрижак, І. М. Савченко (відп. ред.) та ін. Київ : Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. 275 с.

194. Національна доктрина розвитку освіти у XXI столітті. *Освіта України*. 2001. № 1. С. 1–2.

195. Національний освітній глосарій: вища освіта. URL: https://www.researchgate.net/publication/293632087_Nacionalnij_osvitnij_glosarij_visa_osvita (дата звернення: 10.12.2019).

196. Непорожня Л. В. STEM-освіта як засіб розвитку природничо-наукової компетентності школярів. *Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін*. 2017. № (21). С. 78–83.

197. Ничкало Н. Г. Українські концепції професійної освіти. *Тенденції і перспективи. Педагогічна і психологічна науки в Україні*. 2007. № 5. С. 27–50.

198. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи : Рішення колегії МОН України № 10 від 27.10.2016.

199. Новий тлумачний словник української мови : у 3 т. Київ : Аконіт, 2005. Т. 3. 863 с.

200. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). Москва : МЗ Пресс, 2004. 68 с.

201. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений. Москва : АЗЪ, 1995. 928 с.

202. Оновлення програм 5–9 класів у 2017 р. : презентація. Колегія МОН України, 26 травня 2017 р. 10 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/kolegiya-mon-26-travnua.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

203. Онуфрієва О. Науково-дослідна робота як складова професійного зростання педагога-новатора. *Імідж сучасного педагога: Розвиток управлінського потенціалу керівника*. 2006. № 3–4 (62–63). С. 17–21.

204. Осадченко І. Термінологічний аналіз дидактичних категорій: «система», «вид», «тип», «модель», «технологія». *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету ім. П. Тичини*. 2010. Ч. 1. С. 217–226.

205. Осадчий В. В., Круглик В. С., Букреєв Д. О. Розробка програмного засобу для прогнозування вступу абітурієнтів до закладів вищої освіти. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2018. № 6 (3). С. 55–69.

206. Осадчий В. Сервіси Інтернет для дистанційного навчання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2010. № 20 (6). URL: <http://www.ime.edu.ua.net/em.html> (дата звернення: 10.12.2019).

207. Освіта в Україні: базові індикатори. Інформаційно-статистичний бюлетень результатів діяльності галузі освіти у 2017/2018 н. р. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/nova-ukrainska-shkola/1serpkonf-informatsiyniy-byuletten.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

208. Освітні програми. Інформатика МДПУ. URL: <http://fim.mdpu.org.ua/fakultet-informatiki-matematiki-ta/kafedra-informatiki-i->

kibernetiki/osvitnij-protses-kafedri-informatiki-i-kibernetiki/ (дата звернення: 10.12.2019).

209. Освітні програми. Інформатика ХДУ. URL: <http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairInformatics/EduPlans.aspx> (дата звернення: 10.12.2019).

210. Освітні програми. Математика МДПУ. URL: <http://fim.mdpu.org.ua/fakultet-informatiki-matematiki-ta/kafedra-matematiki-i-fiziki/osvitnij-protses-kafedri-matematiki-i/spetsialnosti-ta-spetsializatsiyi-osvi/> (дата звернення: 10.12.2019).

211. Освітні програми. Математика ХДУ. URL: <http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairAlgGeomMathAnalysis/Professionalprograms.aspx> (дата звернення: 10.12.2019).

212. Освітні програми. ТНПУ. URL: <http://tnpu.edu.ua/f-ziko-matematichniy-fakultet.php> (дата звернення: 10.12.2019).

213. Освітні програми. Фізика ХДУ. URL: <http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairPhysics/EduPrograms.aspx> (дата звернення: 10.12.2019).

214. Паламарчук Л. С. Словник української мови (СУМ). *Українська мова* : енциклопедія. Київ : Українська енциклопедія, 2000. 360 с.

215. Педагогика : учеб. пособ. / под ред. П. И. Пидкасистого. Москва : Педагогическое общество России, 2000. 640 с.

216. Педагогический словарь : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. ; под. ред. В. Загвязинского, А. Закировой. Москва : Академия, 2008. 352 с.

217. Педагогічний словник / за ред. М. Д. Ярмаченка. Київ : Пед. думка, 2001. 514 с.

218. Петренко Л. М. Теорія і практика розвитку інформаційно-аналітичної компетентності керівника професійно-технічних навчальних закладів : монографія. Дніпропетровськ : ІМА-прес, 2013. 456 с.

219. Петрук В. А., Гречановська О. В., Сабодош Ю. Г. Підходи до впровадження інноваційних технологій в освітній процес технічних ЗВО. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*. 2019. № 5 (17). С. 3–7. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/31082019/6615 (дата звернення: 12.02.2020).

220. Петрук В. А. Деякі організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів природничо-математичних спеціальностей. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 1 (15). Ч. 2. С. 26–30.

221. Петрук В. А. До питання фахової підготовки майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*. 2017. Вип. 3 (13). С. 203–208.

222. Петрук В. А. Формування базового рівня професійної компетентності у майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інтерактивних технологій : монографія, Вінниця : ВНТУ, 2011. 285 с.

223. Петухова Л. Є., Співаковський О. В. Про модель трисуб'єктної дидактики. *Сучасна початкова освіта: вектори розвитку*. 2012. С. 229–239.

224. Пехота О. М. Формування технологічної культури сучасного викладача. *Науковий вісник Миколаївського державного університету імені В. О. Сухомлинського. Серія: Педагогічні науки*. 2011. № 33. С. 37–43.

225. Пехота О. М. Підготовка майбутнього вчителя до впровадження педагогічних технологій. Київ : А. С. К., 2003. 240 с.

226. Пехота О. М., Кіктенко А. З., Любарська О. М. Освітні технології : навч.-метод. посіб. Київ : А. С. К., 2003. 255 с.

227. Пирог О. В. Довгі хвили економічного та соціального розвитку. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки*. 2010. № 26 (1). С. 52–58.

228. Пирогова О. В. Моделирование в образовании. *Инновации в образовании*. 2004. № 15. С. 36–40.

229. Подмазін С. І. Особистісно орієнтована освіта (соціально-філософський аналіз): автореф. дис. ... д-ра філос. наук: 09.00.03. Дніпропетровськ, 2006. 34 с.

230. Подповетная Ю. В. Концепция развития научно-методической культуры преподавателя ВУЗа: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08. Челябинск, 2012. 450 с.

231. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. № 3. С. 5–9.

232. Полонский В. М. Понятийно-терминологический аппарат педагогики. *Педагогика*. 1999. № 8. С. 17–21.

233. Пометун О. І. Дискусія українських педагогів навколо питань запровадження компетентнісного підходу в українській. *Компетентнісний підхід у сучасній освіті. Світовий підхід та українські перспективи / під заг. ред. О. В. Овчарук*. Київ, 2004. 111 с.

234. Попенко О. М. Професійна культура вчителя як інтеграційна якість особистості педагога-професіонала. *Наукові записки Ніжинського державного університету ім. М. Гоголя. Серія: Психолого-педагогічні науки*. 2012. № 1. С. 44–49.

235. Пригожин И. Философия нестабильности. *Вопросы философии*. 1991. № 6. С. 45–57.

236. Прийма С. М. Формування технологічної культури майбутніх учителів інформатики у процесі професійно-педагогічної підготовки: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Харків, 2006. 24 с.

237. Про вищу освіту: Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII. Дата оновлення: 16.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 10.12.2019).

238. Про затвердження Кодексу системи передачі: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.03.2018 № 309. Дата оновлення:

08.11.2019. URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=31909> (дата звернення: 10.12.2019).

239. Про затвердження Переліку предметних спеціальностей спеціальності 014 «Середня освіта (за предметними спеціальностями): наказ МОН від 12.05.2016 № 506. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0798-16> (дата звернення: 10.12.2019).

240. Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 091 «Біологія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти: Наказ Міністерства освіти і науки України 21.11.2019 № 1457. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/11/22/2019-11-22-091-B.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

241. Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти: Наказ Міністерства освіти і науки України 04.10.2018 № 1075. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/104-fizika-ta-astronomiya-bakalavr.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

242. Про затвердження та введення в дію Методичних рекомендацій щодо опису освітньої програми в контексті нових стандартів вищої освіти: Наказ МОН України від 01.06.2016 № 600. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/rekomendatsii-1648.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

243. Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання навчального і загального призначення для кабінетів природничо-математичних предметів загальноосвітніх навчальних закладів: Наказ МОН від 22.06.2016 № 704. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1050-16> (дата звернення: 10.12.2019).

244. Про Малу академію наук України. URL: http://man.gov.ua/ua/about_the_academy/jasu (дата звернення: 10.12.2019).

245. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 26.11.2015 № 848-VIII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2016. № 3. Ст. 25. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19> (дата звернення: 10.12.2019).

246. Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року : Указ Президента України від 25.06.2013 № 344/2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013> (дата звернення: 10.12.2019).

247. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 38–39. Ст. 380.

248. Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні : Закон України від 08.09.2011 № 3715–VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3715-17> (дата звернення: 10.12.2019).

249. Про проведення експерименту всеукраїнського рівня «Розроблення і впровадження навчально-методичного забезпечення інтегрованого курсу «Природничі науки» для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти» на серпень 2018-жовтень 2022 роки : Наказ Міністерства освіти і науки України від 03.08.2018 № 803. URL: <http://osvita.sm.gov.ua/index.php/uk/873> (дата звернення: 10.12.2019).

250. Про схвалення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 травня 2013 р. № 386-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/386-2013-%D1%80?find=1&text=%F5%EC%E0%F0#w11> (дата звернення: 10.12.2019).

251. Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні : Наказ МОН від 29.02.2016 № 192.

252. Прокопова О. П., Повх О. Г. Формування культури спілкування студентів вищого навчального закладу. *Професійно-прикладні дидактики*. 2017. № 3. С. 196–202.

253. Прошкін В. В. Педагогічна система як предмет наукового дослідження. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2015. Вип. 4. С. 7–12.

254. Психологический словарь / под. общ. науч. ред. П. С. Гуревича. Москва : ОЛМА Медиа Групп, ОЛМА ПРЕСС Образование, 2007. 800 с.

255. Психолого-педагогическая культура и мастерство как компоненты профессиональной компетентности учителя / Р. М. Куличенко и др. *Наука и образование*. 2009. № 10. С. 161–164.

256. Разработка стандартов в профессиональном образовании и обучении – описание, опыт, примеры : пособие / Европейский фонд образования. Москва, 1999. Т. 2. Июль. С. 96.

257. Реан А. А., Кудашев А. Р., Баранов А. А. Психология адаптации личности. Анализ, теория, практика. Санкт-Петербург : Прайм-ЕВРОЗНАК, 2006. 479 с.

258. Результати всеукраїнського онлайн-опитування «Реформування освіти зсередини: точка зору представників освітянського середовища» серед науково-педагогічних працівників та адміністрації закладів вищої освіти (травень-червень 2018 року). URL: <https://drive.google.com/file/d/1bNckAJhUGQk2GpLxc2QQTDLCLaD7hUs2/view> (дата звернення: 10.12.2019).

259. Рижко Л. В. Науковий простір: філософський і наукознавчий аспект. Київ, 2000. 301 с.

260. Романкова Л. Особливості спілкування та взаємодії із сучасними дітьми. *Актуальні проблеми професійної підготовки студентів-філологів до роботи в сучасному освітньому просторі* : зб. статей. 2017. Т. 1. С. 154–166.

261. Российская педагогическая энциклопедия / под ред. А. М. Прохорова. Москва : Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1999. Т. 2. 423 с.

262. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Санкт-Петербург : Питер, 2000. 720 с.

263. Рузавин Г. И. Методология научного познания : учеб. пособ. для вузов. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 287 с.

264. Сабатовська І. С. Професійна культура особистості: структура та критерії вимірювання. *Спецпроект: аналіз наукових досліджень* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (30–31 травня 2011 р.). URL: http://www.confcontact.com/20110531/so_sabat.htm (дата звернення: 10.12.2019).

265. Сабатовська І. С. Професійно важливі якості фахівця за спеціальністю «викладач вищої школи». *Педагогічна освіта і наука в умовах класичного університету: традиції, реалії, перспективи* : зб. наук. пр. / за ред. М. Євтуха, Д. Грицюка, К. Шмидта. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2013. С. 250–257.

266. Сакунова Г. В., Мороз І. О. Формування інформаційно-цифрової компетентності учнів з фізики через призму STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 1. С. 285–289.

267. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий. Москва : НИИ школьных технологий, 2006. 816 с.

268. Семенова И. И. Педагогические условия повышения профессионального мастерства преподавателей ВУЗа в процессе перехода к университетскому образованию : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08. Ростов-на-Дону, 2001. 291 с.

269. Семеріков С. О. Теоретико-методичні основи фундаменталізації навчання інформатичних дисциплін у вищих навчальних закладах : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Київ : Національний педагогічний ун-т ім. М. П. Драгоманова, 2009. 536 с.

270. Сериков В. В. Образование и личность. Теория и практика проектирования педагогических систем. Москва : Логос, 1999. 272 с.

271. Сіпій В. В. Формування в учнів основної школи політехнічного складника предметної компетентності з фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Кропивницький, 2018. 330 с.

272. Скриннік Н. В. Методика навчання української літератури учнів 5–6 класів із використанням хмарних технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2017. URL: <http://www.enpui.npu.edu.ua/bitstream/123456789/18380/1/Skrynnik.pdf> (дата звернення: 10.12.2019).

273. Слостенин В. А., Подымова Л. С. Педагогика: инновационная деятельность. Москва : Магистр S, 1997. 224 с.

274. Слєпкань З. І. Наукові засади педагогічного прогресу у вищій школі : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2005. 239 с.

275. Словник іншомовних слів. 23000 слів та термінологічних сполучень / уклад. Л. О. Пустовіт, О. І. Скопненко, Г. М. Сьота та ін. Київ : Довіра, 2000. 556 с.

276. Словник педагогічних термінів від К до Я. URL: http://www.model.poltava.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=579:2012-12-18-17-32-37&catid=102:2012-11-21-09-00-45&Itemid=427 (дата звернення: 10.12.2019).

277. Советский энциклопедический словарь / под ред. А. М. Прохорова. 4-е изд. Москва : Сов. энцикл., 1989. 1632 с.

278. Сотников А. Л., Родионов Н. А. Итоги конкурса «Физическое моделирование и робототехника-2011». *Теория механизмов и машин*. 2011. № 2. Т. 9. С. 90–95.

279. Соціологія в аудиторії: мистецтво комунікації : наук.-метод. посіб. для викладачів. Харків : Вид. центр Харківського національного ун-ту ім. В. Н. Каразіна, 2004. 266 с.

280. Соціологія : короткий енциклопедичний словник / уклад.: В. І. Волович, В. І. Тарасенко, М. В. Захарченко та ін.; під заг. ред. В. І. Воловича. Київ : Укр. центр духовної культури, 1998. 736 с.

281. Співаковський О. В., Петухова Л. Є., Коткова В. В. Філософія трисуб'єктної дидактики в системі підготовки майбутнього вчителя початкових класів. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2014. № 3. С. 7–11.

282. Співаковський О., Петухова Л. До питання про трисуб'єктну дидактику. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2007. № 5 (61). С. 7–9.

283. Стадніченко С. М. Міжпредметні зв'язки як дидактична основа розвитку природничо-наукової освіти майбутніх учителів фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського нац. ун-ту ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна*. 2015. № 21. С. 89–92.

284. Стрельцов Р. В., Славинская Л. В. Искусственный интеллект в образовании : сб. науч. трудов студентов, магистров и преподавателей. Донецк : ДонНТУ, 2010. С. 148–152.

285. Суходольский Г. В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Ленинград : ЛГУ, 1976. 225 с.

286. Сучасний словник із суспільних наук / за ред. О. Г. Данильяна, М. І. Панова. Харків : Прапор, 2006. 432 с.

287. Сушенцева Л. Л. Формування професійної мобільності майбутніх кваліфікованих робітників у професійно-технічних навчальних закладах: теорія і практика : монографія. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2011. 439 с.

288. Сущенко А. В., Гришко Ю. А. Проблема організації особистісно-зорієнтованого педагогічного процесу на заняттях з фізичного виховання для майбутніх фахівців гіподинамічних професій. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2017. Вип. 53. С. 506–512.

289. Талызина Н. Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста. Москва : Знание, 1986. 164 с.

290. Тимошенко Д. В. Шляхи гармонізації вікового фактору в контексті тимблдіingu. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2014. № 5 (3). С. 72–79.

291. Трифонова О. М. STEM середовище навчання фізико-технічних дисциплін. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна*. 2018. Вип. 24. С. 37–40.

292. Уёмов А. Н. Системный подход и общая теория систем. Москва, 1978. 272 с.

293. Указ Президента України № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 10.12.2019).

294. Улунова Г. Структура та рівні культури професійного спілкування як інваріанта професійної психологічної культури. *Світогляд-Філософія-Релігія*. 2012. Вип. 2. С. 300–309.

295. Управління якістю освіти: досвід та інновації : матеріали пед. читань, присвячених пам'яті д-ра пед. наук, проф. Валерії Семенівни Пікельної (Кривий Ріг, 23 січня 2015 р.) / за заг. ред. Л. Л. Сушенцевої; Криворізький пед. ін.-т ДВНЗ «Криворізький нац. ун-т», МОН України. Кривий Ріг, 2015. С. 96–97.

296. Устинова Я. О. Формирование умений самоорганизации и самоконтроля учебной деятельности у студентов вузов : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08. Челябинск, 2000. 191 с.

297. Федорук П. І. Використання інтелектуальних агентів для інтенсифікації процесу навчання. *Штучний інтелект*. 2004. № 3. С. 379–384.

298. Філіпенко А. С. Основи наукових досліджень : конспект лекцій. Київ : Академвидав, 2004. 208 с.

299. Філософський енциклопедичний словник. Київ : Абрис, 2002. 742 с.

300. Фільштейн Л. М., Журавльов В. М. Професійна культура в аспекті підготовки фахівців. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2016. № 29. С. 12–18.

301. Фіцула М. М. Педагогіка вищої школи : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2006. 352 с.
302. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проєкту акад. НАН України М. З. Згуровський. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 136 с.
303. Фурман А. В. Методологія парадигмальних досліджень у соціальній психології : монографія. Тернопіль : Економічна думка, 2013. 100 с.
304. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. 2-е изд. Москва : Вильямс, 2006. 1104 с.
305. Хакен Г. Синергетика. Москва : Мир, 1980. 404 с.
306. Хедоури Ф., Мескон М. Х. Основы менеджмента. Москва : ИНФРА-М, 1992. 869 с.
307. Хоржевська І. М. Професіоналізм та професійний розвиток особистості. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія: Державне управління.* 2013. Т. 214. Вип. 202. С. 110–113. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdu_2013_214_202_24 (дата звернення: 10.12.2019).
308. Хрыков Е. Н. Теоретические основы внутришкольного управления. Луганск : Альма матер, 1999. 118 с.
309. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно ориентированной парадигмы образования. *Народное образование.* 2003. № 2. С. 58–64.
310. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень : навч. посіб. Київ : Слово, 2004. 240 с.
311. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь 2017. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення: 12.01.2020).

312. Цінність. *Філософський енциклопедичний словник* / за ред. В. І. Шинкарука. Київ : Абрис, 2002. С. 707.

313. Чернілевський Д. В. *Методологія наукової діяльності* : навч. посіб. 2-ге вид., доп. Вінниця : Вид-во АМСКП, 2010. 484 с.

314. Черньонков Я. О. *Формування професійної культури майбутнього вчителя іноземної мови* : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Кіровоград, 2006. 20 с.

315. Шарко В. Д. Модернізація системи навчання учнів STEM-дисциплін як методична проблема. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2016. Вип. 10(3). С. 160–165.

316. Шарко В. Д. Компетентнісно-орієнтоване навчання учнів фізики як методична проблема. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна*. 2015. Вип. 21. С. 158–161.

317. *Энциклопедия профессионального образования* : в 3 т. Москва : АПО, 1999. Т. 2. 440 с.

318. Юдин Э. Г. *Методология науки. Системность. Деятельность*. Москва : Эдиториал URSS, 1997. 444 с.

319. Юрженко В. В. Технологічна освіта і STEM-освіта: їх протилежності й феноменологічні паралелі. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки*. 2019. № 177 (2). С. 163–167.

320. Ягупов В. В. *Педагогіка* : навч. посіб. Київ : Либідь, 2002. 560 с.

321. Ягупов В. В., Свистун В. І. Компетентнісний підхід до підготовки фахівців у системі вищої освіти. *Наукові записки. Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота*. 2007. Т. 71. URL:

<http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/6871> (дата звернення: 12.02.2020).

322. Якиманская И. С. Разработка технологии личностно-ориентированного обучения. *Вопросы психологии*. 1995. № 2. С. 31–41.

323. Якиманская И. С. Технология личностно-ориентированного обучения в современной школе. Москва, 2000. 176 с.

324. Якимович Т. Д. Теоретичні основи розробки критеріїв оцінювання виробничого навчання : метод. рекомендації. Львів : ОМНЦ ПТО, 2001. 16 с.

325. Якса Н. В. Професійна підготовка майбутніх учителів до взаємодії суб'єктів освітнього процесу в умовах полікультурності Кримського регіону : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04. Київ, 2009. 46 с.

326. Яцула Т. В. Теоретичні підходи до визначення сутності особистісної взаємодії вчителя як його педагогічної компетентності. *Збірник наукових праць Херсонського державного університету. Педагогічні науки*. 2015. Вип. 67. С. 285–289.

327. 5 Things You Need to Know About STEAM Education: blog / StanleyBeaman&Sears. URL: http://www.steamedu.com/wp-content/uploads/2014/12/5-Things-You-Need-to-Know-About-STEAM-Education-_-STEM-Architects.pdf (date of access: 25.03.2020).

328. 5G & Cloud Robotics White Paper. URL: <http://robotrends.ru/pub/1729/oblachnaya-robototehnika-trendy-tehnologii-svyaz> (date of access: 25.03.2020).

329. A Teacher Education Model for the 21stCentury: Report. Singapore : National Institute of Education, 2009. 128 p. URL: https://www.nie.edu.sg/docs/default-source/te21_docs/te21-online-version---updated.pdf?sfvrsn=2 (date of access: 25.03.2020).

330. A Vision for Innovation in STEM Education. STEM 2026. URL: https://innovation.ed.gov/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf (date of access: 25.03.2020).

331. Achterhuis H. (ed.) *American philosophy of technology: the empirical turn*. Bloomington : Indiana University Press, 2001.

332. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics / S. Freeman et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111 (23). P. 8410–8415. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111> (date of access: 25.03.2020).

333. Activity Plan Template for Supporting Study Science with Robotics and Programming / N. Valko, T. Goncharenko, N. Kushnir, N. Osipova. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2019, Kherson, Ukraine, 12–15 June 2019). CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2393. P. 132–143. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_257.pdf (date of access: 25.03.2020).

334. Allen P. J. et al. From quality to outcomes: a national study of afterschool STEM programming. *International Journal of STEM Education*, 2019. Vol. 6 (1). P. 37.

335. Approaches to assessment of technology education in Taiwan / L. Lee et al. *Journal of Design and Technology Education*. 2007. Vol. 12. № 2. P. 77.

336. Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority. URL: <http://www.acara.edu.au/curriculum/learning-areas-subjects> (date of access: 25.03.2020).

337. Bandura A. A social cognitive theory of personality. *Handbook of personality* / Pervin L., John O. (eds.). New York : Guilford Publications, 1999. P. 154–196.

338. Basic Policy on Promotion of Science, Technology and Innovation for Sustainable Development Goals (STI for SDGs) URL: http://www.mext.go.jp/component/english/icsFiles/afieldfile/2018/11/16/1409291_002.pdf (date of access: 25.03.2020).

339. Beauchamp C., Thomas L. Understanding teacher identity: An overview of issues in the literature and implications for teacher education. *Cambridge Journal of Education*. 2009. № 39 (2). P. 175–189.

340. Becker K., Park K. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*. 2011. Vol. 12 (5–6). P. 23–36. URL: <https://library.educause.edu/~media/files/library/2018/8/2018horizonreport.pdf> (date of access: 25.03.2020).

341. Beijaard D., Meijer P. C., Verloop N. Reconsidering research on teachers' professional identity. *Teacher and Teacher Education*. 2004. № 20. P. 107–128.

342. Berk R. A. Teaching strategies for the net generation. Transformative Dialogues: *Teaching & Learning Journal*. 2009. № 3 (2). P. 1–23.

343. Blackwell L. S., Trzesniewski K. H., Dweck C. S. Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child development*. 2007. Vol. 78 (1). P. 246–263.

344. Borowski T. A Guide to PEAR's STEM Tools: Dimensions of Success & Common Instrument Suite. *The PEAR Institute: Partnerships in Education and Resilience*. 2011. Vol. 48 (1). P. 95–122.

345. Bressoud D., Carlson M., Mesa V., Rasmussen C. The calculus student: Insights from the MAA National Study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2013. Vol. 44 (5). P. 685–698.

346. Burkam D. T., Lee V. E., Smerdon B. A. Gender and science learning early in high school: Subject matter and laboratory experiences. *American Educational Research Journal*. 1997. Vol. 34. Iss. 2. P. 297–331.

347. Byrka M. The barriers and challenges to successful implementation of STEM education in Ukraine. *Innovations in Science and Education: Challenges of our time*. 2017. Iss. 2. P. 201-204.

348. Cação R. Motivational Gaps and Perceptual Bias of Initial Motivation Additional Indicators of Quality for e-Learning Courses. *Electronic Journal of e-Learning*. 2017. № 15.1. P. 3–16.

349. Canada 2067.is a national initiative to shape the future of science, technology, engineering and math (STEM) learning. URL: <https://canada2067.ca/en> (date of access: 25.03.2020).

350. Canadian Teachers' Federation (CTF): Member Organizations. URL: <https://www.ctf-fce.ca/en/Pages/About/Member-Organizations.aspx> (date of access: 25.03.2020).

351. Cao C., Suttmeier R. P., Simon D. F. China's 15-Year Science and Technology Plan. *Physics Today*. 2006. Vol. 59 (12). P. 38–43.

352. Carretero S., Vuorikari R., Punie Y. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/digcomp-21-digital-competence-framework-citizens-eight-proficiency-levels-and-examples-use> (date of access: 25.03.2020).

353. Charteris J., Smardon D. Teacher agency and dialogic feedback: Using classroom data for practitioner inquiry. *Teaching and Teacher Education*. 2015. № 50. P. 114–123.

354. Chen X. Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. Washington, DC : U.S. Department of Education, 2009. 25 p.

355. China – Statistics & Facts. URL: <https://www.statista.com/topics/753/china/> (date of access: 25.03.2020).

356. Consultant Report Securing Australia's Future STEM. URL: <https://acola.org.au/wp/reports-library/> (date of access: 25.03.2020).

357. Council on Competitiveness. 2005. Innovate America. URL: www.compete.org/images/uploads/File/PDF%20Files/NII_Innovate_America.pdf (date of access: 25.03.2020).

358. DeCoito I. STEM Education in Canada: A Knowledge Synthesis. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2016. Vol. 16 (2). P. 114–128. URL: <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1166297> (date of access: 25.03.2020).

359. Deghaidy E. L. et al. Context of STEM Integration in Schools: Views from In-service Science Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2017. Vol. 13. № 6. P. 2459–2484.

360. DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Update Phase 1: The Conceptual Reference Model / R. Vuorikari, Y. Punie, S. Carretero Gomez, G. Van den Brande. Luxembourg Publication Office of the European Union, 2016. 45 p. URL: <https://drive.google.com/file/d/1HkpSqv3ehhjflot6WwOH1nASR5zBXNL7/view> (date of access: 25.03.2020).

361. Diversity Gaps in Computer Science: Exploring the Underrepresentation of Girls, Blacks and Hispanics 2016. URL: <http://services.google.com/fh/files/misc/diversity-gaps-in-computer-science-report.pdf> (date of access: 25.03.2020).

362. Diversity in high tech: report / U.S. Equal Employment Opportunity Commission. EEOC, May 2016. 50 p. URL: <https://www.eeoc.gov/eeoc/statistics/reports/hightech/upload/diversity-in-high-tech-report.pdf> (date of access: 25.03.2020).

363. Duschl R. A., Schweingruber H. A., Shouse A. W. *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Vol. 500. Washington, DC : National Academies Press, 2007.

364. Dweck C. S. Motivational processes affecting learning. *American psychologist*. 1986. Vol. 41. P. 1040–1048.

365. Eduspec to promote STEM education in China for 3 years. URL: <https://www.thesundaily.my/archive/eduspec-promote-stem-education-china-3-years-YUARCH516776> (date of access: 25.03.2020).

366. Employing STEM Curriculum in an ESL Classroom: A Chinese Case Study / G. R. MacKinnon et al. *K-12 STEM Education*. 2017. Vol. 3. № 1. P. 143–155. URL: <http://www.k12stemeducation.in.th/journal/issue/view/11/showTo> (date of access: 25.03.2020).

367. Encouraging STEM studies for the Labour Market. Labour Market Situation and Comparison of Practices Targeted at Young People in Different Member States. European Union, 2015. 44 p. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU\(2015\)542199_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf) (date of access: 25.03.2020).

368. Experience and Reflection: Preservice Science Teachers' Capacity for Teaching Inquiry / W. Melville, X. Fazio, A. Bartley, D. Jones. *Journal of Science Teacher Education*. 2008. Vol. 19 (5). P. 477–494.

369. Experience of Foundation STEM-School / N. Kushnir, N. Valko, N. Osipova, T. Bazanova. *Proceedings of 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2018, Kyiv, Ukraine, 14–17 May 2018)*. CEUR Workshop Proceedings. 2018. Vol. 2104. P. 431–446. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_241.pdf (date of access: 25.03.2020).

370. Feenberg A. What is philosophy of technology? *Defining Technological Literacy-Towards an Epistemological Framework* / J. R. Dakers (ed.). New York : Palgrave-Macmillan, 2006, P. 5–16.

371. Franzak J. K. Developing a teacher identity: the impact of critical friends practice on the student teacher. *National Council of Teachers of English*. 2002. № 34 (4). P. 258–280.

372. Freeman C., Perez C. Structural crises of adjustment: business cycles. *Technical change and economic theory*. Londres : Pinter? 1988. P. 38–66.

373. Gao Y. Report of Taiwan: STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) : Report for the Australian Council of Learned Academies (ACOLA). Melbourne : Australian Council of Learned Academies, 2013. 46 p.

URL: <https://acola.org.au/wp/PDF/SAF02Consultants/Consultant%20Report%20-%20Taiwan.pdf> (date of access: 25.03.2020).

374. Global Education Guidelines: A Handbook for Educators to Understand and Implement Global Education / ed. Miguel Carvalho da Silva. Lisbon : The North-South Centre of the Council of Europe, 2008. 20 p.

375. Gomez A., Albrecht B. True STEM education. *Technology and Engineering Teacher*. 2013. Vol. 73 (4). P. 8–16. URL: <https://www.iteea.org/39191.aspx> (date of access: 25.03.2020).

376. Graduates in science, math, computer science, and engineering. URL: <https://web.archive.org/web/20140811173225/http://www.scouts.ca/stem/activities.html> (date of access: 25.03.2020).

377. Guo L. New Curriculum Reform in China and its Impact on Teachers, Canadian and International Education. *Education canadien neet internationale*. 2012. Vol. 41 (2). Art. № 6. URL: <http://ir.lib.uwo.ca/cie-eci/vol41/iss2/6> (date of access: 25.03.2020).

378. Han X., Appelbaum R. P. China's science, technology, engineering, and mathematics (STEM) research environment: A snapshot. *PLOS ONE*. 2018. Vol. 13 (4).

379. Hattie J. Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning. New York : Routledge, 2012. 296 p.

380. Haynes L. Studying STEM: What are the barriers. *Stevenage: The Institution of Engineering and Technology*, 2008.

381. Herschbach D. The STEM initiative: constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*. 2011. Vol. 48 (1). P. 95–122.

382. Honey M., Pearson G., Schweingruber H. STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC : National Academies Press, 2014. Vol. 500.

383. Howe N., Strauss W. Millennials rising: the next great generation. Vintage Books, 2000. 432 p. URL: <http://books.google.ru/books?id=vmNkJ9oYc2IC> (date of access: 25.03.2020).

384. Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education / T. J. Moore et. al. *Engineering in precollege settings: research into practice*. 2014. P. 35–60.

385. Innis H. Empire and Communications. Toronto : Dundurn Press, 2007. 23 p.

386. International Technology Education Association. Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston: Author, 2020.

387. Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration / G. H. Roehrig, T. J. Moore, H. H. Wang, M. S. Park. *School Science and Mathematics*. 2012. Vol. 112 (1). P. 3144.

388. Is field of study a factor in the payoff of a graduate degree? Statistics Canada / K. Wall, J. Zhao, S.-J. Ferguson, C. Rodriguez. URL: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/75-006-x/2018001/article/54978-eng.htm> (date of access: 25.03.2020).

389. ISTE 2008. URL: <https://www.kelloggllc.com/> (date of access: 25.03.2020).

390. Jacobs H. H., Borland J. H. The Interdisciplinary Concept Model. Design and Implementation. Winter : Gifted Child Quarterly, 1986.

391. Johnson J. Children, robotics, and education. *Artificial Life and Robotics*. 2003. Vol. 7 (1–2). P. 16–21.

392. Jon J. E., Chung H. I. STEM Report: Republic of Korea : Report for the Australian Council of Learned Academies (ACOLA). Melbourne : Australian Council of Learned Academies, 2013. 55 p.

393. Jones V., Jo J., Martin P. Future Schools and How Technology can be used to support Millennial and Generation-Z Students. *1st Int. Conf. Ubiquitous Information Technology: proceedings. ICUT*. 2007. Part B. P. 12–14.

394. Katzenmeyer C., Lawrenz F. National science foundation perspectives on the nature of STEM program evaluation. *Critical Issues in STEM Evaluation*,

Spring. 2006. Vol. 109. Special Issue. P. 7–18. URL: <https://doi.org/10.1002/ev.175> (date of access: 25.03.2020).

395. Kearney C. Efforts to increase students' interest in pursuing science, technology, engineering and mathematics studies and careers. National Measures taken by 21 of European Schoolnet's Member Countries 2011: Report. 2011. Brussel s: European Schoolnet, 2011. 48 p. URL: http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2011_european_schoolnet.pdf (date of access: 25.03.2020).

396. Kegan R. The evolving self: A process conception for ego psychology. *The Counseling Psychologist*. 1982. Vol. 8. P. 5–38.

397. Kelley T. R., Knowles J. G. A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*. 2016. Vol. 3 (11). P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z> (date of access: 25.03.2020).

398. Kong Y. T., Huo S. C. An Effect of STEAM Activity Programs on Science Learning Interest. *Advanced Science and Technology Letters*. 2014. № 59. P. 41–45. URL: <http://dx.doi.org/10.14257/astl.2014.59.09> (date of access: 25.03.2020).

399. Kroger J. Identity in adolescence: The balance between self and other. New York : Routledge, 2004. 288 p.

400. Kröse B., Bogaard R. van den, Hietbrink N. Programming robots is fun: RoboCup Jr. 2000. Amsterdam, BN AI, 2000. 8 p.

401. Kushnir N., Manzhula A. Formation of Digital Competence of Future Teachers of Elementary School. *ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2013). Communications in Computer and Information Science*. 2013. Vol. 347. P. 230–243. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35737-4-14> (date of access: 25.03.2020).

402. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. Bridging the Generation Gap in ICT Education. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2013. Communications in*

Computer and Information Science / Ermolayev V., Mayr H. C., Nikitchenko M., Spivakovsky A., Zholtkevych G. (eds). 2013. Vol. 412. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03998-5_12 (date of access: 25.03.2020).

403. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. New Approaches of Teaching ICT to Meet Educational Needs of Net Students Generation. *Proceedings of the 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. ICTERI 2013* (Kherson, Ukraine, June 19–22, 2013). Kherson, 2013. Vol. 1000. P. 195–208.

404. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Litvinenko O. The Experience of the Master Classes as a Means of Formation of Readiness of Teachers to Implement Innovation. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2016. Communications in Computer and Information Science* / Ginige A. et al. (eds.). 2017. Vol. 783. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69965-3_11 (date of access: 25.03.2020).

405. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Model of organization of the university ecosystem for the development of STEM-education. *Informational Technologies in Education*. 2018. № 4(37). P. 77–92 URL: http://ite.kspu.edu/issue_37/p-77-92 (date of access: 25.03.2020).

406. Kuzminska O., Mazorchuk M., Morze N., Pavlenko V., Prokhorov A. Study of Digital Competence of the Students and Teachers in Ukraine. *International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*. Springer, Cham, 2018. P. 148–169.

407. Labor Force Statistics from the Current Population Survey. URL: <https://www.bls.gov/cps/cpsaat11.htm> (date of access: 10.07.2018).

408. LEGO Education WeDo 2.0: пробная версия учебных материалов.
URL: <https://education.lego.com/ru-ru/support/wedo-2/curriculum-preview>
(date of access: 25.03.2020).

409. Lessons from PISA for Japan, Strong Performers and Successful Reformers in Education. Paris : OECD Publishing, 2012. 208 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264118539-en> (date of access: 25.03.2020).

410. Literature Review on Teacher Education in the 21st Century : Report for the Scottish Government / Menter I. et al. URL: <https://www.gov.scot/Resource/Doc/325663/0105011.pdf> (date of access: 25.03.2020).

411. Loevinger J. Ego development: Conceptions and theories. San Francisco : Jossey Bass, 1976. 542 p.

412. Maclean R., White S. Video reflection and the formation of teacher identity in a team of pre-service and experienced teachers. *Reflective Practice*. 2007. № 8. P. 47–60.

413. McLuhan M., Fiore Q. The Medium is the Massage: An Inventory of Effects. New York : Random House, 1967. 157 p.

414. Meeth L. R. Interdisciplinary Studies: Integration of Knowledge and Experience. *Change*. 1978. № 10. P. 6–9.

415. Mooney M. A., Laubach T. A. Adventure engineering: a design centered, inquiry based approach to middle grade science and mathematics education. *Journal of Engineering Education*. 2002. № 91(3). P. 309–318.

416. Moore T. STEM integration: crossing disciplinary borders to promote learning and engagement. In Engineering and Science Education Seminar Friday. *STEM integration: Crossing disciplinary borders to promote learning and engagement* : Invited presentation to the faculty and graduate students of the UTeachEngineering, UTeachNatural Sciences. STEM Education program area at University of Texas at Austin. 15 Dec 2008.

417. NASA For Students. URL: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/first-robotics-index.html#UjdnIXfleSo> (date of access: 25.03.2020).

418. NASA Education. Homepage. URL: <https://www.nasa.gov/offices/education/about/index.html> (date of access: 25.03.2020).

419. National STEM School Education Strategy: A Comprehensive Plan for Science Technology, Engineering and Mathematics Education in Australia. Australia Education Council, 2015. 12 p. URL: www.educationcouncil.edu.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/National%20STEM%20School%20Education%20Strategy.pdf (date of access: 25.03.2020).

420. NCMSTC (National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century). 2000. Before It's Too Late: A Report to the Nation from the National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century. URL: www.ptec.org/document/ServeFile.cfm?ID=4059&DocID=2813 (date of access: 25.03.2020).

421. NGA (National Governors Association). 2007. Innovation America: A Final Report. URL: www.nga.org/files/live/sites/NGA/files/pdf/0707INNOVATIONFINAL.PDF (date of access: 25.03.2020).

422. NRC. 2007. Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. URL: www.nap.edu/catalog.php?record_id=11463 (date of access: 25.03.2020).

423. NRC. 2012. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington: National Academies Press. URL: www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165 (date of access: 25.03.2020).

424. NSB (National Science Board). 2007. National Action Plan for Addressing the Critical Needs of the U.S. Science, Technology, Engineering and Mathematics Education System. URL: www.nsf.gov/nsb/documents/2007/stem_action.pdf (date of access: 25.03.2020).

425. NSF advance. Increasing the Participation and Advancement of Women in Academic Science and Engineering Careers. URL: <https://www.nsf.gov/pubs/2009/nsf0941/nsf0941.pdf> (date of access: 25.03.2020).

426. Occupational Employment Statistics. Homepage. URL: <https://www.bls.gov/oes/2015/may/stem.htm> (date of access: 25.03.2020).

427. Osadchyi V. V., Osadcha K. P., Ereemeev V. S. The model of the intelligence system for the analysis of qualifications frameworks of European countries. *International Journal of Computing*. 2017. Vol. 16 (3). P. 133–142.

428. Osadchyi V. V., Osadcha K. P. Modern realities and trends of information and communication technologies development in education. *Information Technologies and Learning Tools*. 2015. Vol. 48. Issue 4. P. 47–57.

429. PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology). 2012. Report to the President. Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering and Mathematics. URL: www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-engage-to-excel-final_feb.pdf (date of access: 25.03.2020).

430. Phelps-Gregory C. M., Frank M., Spitzer S. M. Prospective Elementary Teachers' Beliefs About Mathematical Myths: A Historical and Qualitative Examination. *The Teacher Educator*. 2019. Vol. 55 (1). P. 6–27. URL: <https://doi.org/10.1080/08878730.2019.1618423> (date of access: 25.03.2020).

431. Preservice and inservice teachers' challenges in the planning of practical work in physics / Nivalainen V. et al. *Journal of Science Teacher Education*. 2010. Vol. 21. Issue 4. P. 393–409. URL: <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9186-z> (date of access: 25.03.2020).

432. Priestly G. B., Robinson S. Teachers as 'agents of change': Teacher agency and emerging models of curriculum. *Reinventing the curriculum: New trends in curriculum policy and practice* / M. Priestley, G. J. J. Biesta (eds.). London : Bloomsbury Academic, 2013. P. 187–206.

433. Programme for International Student Assessment (PISA). URL: <http://pisa.testportal.gov.ua/> (date of access: 25.03.2020).

434. Rean A. A., Kudashev A. R., Baranov A. A. Psikhologiya adaptatsii lichnosti. Prime-Eurosign, SPb.? 2006. P. 479.

435. Recommendation CM/Rec(2018)7 of the Committee of Ministers to member States on Guidelines to respect, protect and fulfil the rights of the child in the digital environment. URL: https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectID=09000016808b79f7 (date of access: 25.03.2020).

436. Reimagining the Role of Technology in Education: 2017 National Education Technology Plan Update / Washington, D.C. : U.S. Department of Education, 2017. 111 p. URL: <https://tech.ed.gov/files/2017/01/NETP17.pdf> (date of access: 25.03.2020).

437. Report of the Central Council for Education on Basic Guidelines for an Overall Reform of School Education URL: http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317492.htm (date of access: 25.03.2020).

438. Review of trends, approaches and perspective practices of STEM-education for training center opening / N. Kushnir, N. Osipova, N. Valko, L. Kuzmich. *Informational Technologies in Education*. 2017. Vol. 31. P. 69–80.

439. Roberts A., Cantu D. Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum. *Technology Education in the 21st Century (the PATT 26)*: materials of the conference. Stockholm : Linköping University electronic press, 2012. Vol. 073. P. 111–118.

440. Rodgers C. R., Scott K. H. Handbook of research on teacher education. The development of the personal self and professional identity in learning to teach. New York : Routledge, 2008. P. 732–755.

441. Rossini F. A., Porter A. L. Frameworks for integrating interdisciplinary research. *Research Policy*. 1979. Vol. 8 (1). P. 70–79. URL: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(79\)90030-1](https://doi.org/10.1016/0048-7333(79)90030-1) (date of access: 25.03.2020).

442. Sanders M. STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*. 2009. Vol. 68 (4). P. 20–26.

443. Schleicher A. World Class: How to build a 21st-century school system. *Strong Performers and Successful*. OECD, 2018. 304 p. URL: <https://doi.org/10.1787/9789264300002-en> (date of access: 25.03.2020).

444. Schutz P. A., Hong J., Francis D. C. Research on teacher identity: mapping challenges and innovations. Springer, Cham, 2018. 251 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93836-3> (date of access: 25.03.2020).

445. Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research / European Commission. Brussels : Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, 2011. 167 p. URL: http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/eurydice/sciences_EN.pdf (date of access: 25.03.2020).

446. Science, Technology, Engineering and Mathematics in the National Interest: A Strategic Approach. Canberra : Australian Government, 2013. 36 p. URL: <https://www.chiefscientist.gov.au/sites/default/files/STEMstrategy290713FINALweb.pdf> (date of access: 25.03.2020).

447. Science, Technology and Innovation. Council for Science, Technology and Innovation. URL: <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/index.html> (date of access: 25.03.2020).

448. SHAD Brochure. URL: <https://www.shad.ca> (date of access: 25.03.2020).

449. Shi T. Xi Plans to Turn China Into a Leading Global Power by 2050. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-17/xi-to-put-his-stamp-on-chinese-history-at-congress-party-opening> (date of access: 25.03.2020).

450. Shin Y. J., Han S. K. A study of the elementary school teachers' perception in STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) education. *Journal of Korean elementary science education*. 2011. Vol. 30. № 4. P. 514–523.

451. Siekmann G. What Is STEM? The Need for Unpacking Its Definitions and Applications. National Centre for Vocational Education Research (NCVER), 2016. 14 p.

452. Spivakovskiy O., Kushnir N., Valko N., Vinnyk M. ICT Advanced Training of University Teachers. *13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization*

and Knowledge Transfer. *ICTERI* (Kyiv, Ukraine, May 15–18, 2017). Kyiv, 2017. P. 176–190. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000176.pdf> (date of access: 25.03.2020).

453. STE 2018. URL: <https://www.iste.org/explore/articleDetail?articleid=1014> (date of access: 25.03.2020).

454. STEM Education Policy Statement and Implementation Plan for Schools. URL: <https://www.education.ie/en/The-Education-System/STEM-Education-Policy/> (date of access: 25.03.2020).

455. STEM Education Programs to enhance problem solving skills. URL: <https://www.jst.go.jp/sdgs/en/practices/p025.html> (date of access: 25.03.2020).

456. STEM Education: the story so far. URL: <http://stem-nsw.com.au/leading-stem> (date of access: 25.03.2020).

457. STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research: Consensus Study Report / M. Honey, G. Pearson, H. Schweingruber (eds.). Washington, DC : National Academies Press, 2014. 180 p.

458. STEM road map: A framework for integrated STEM education / C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, T. J. Moore (eds.). New York : Routledge, 2015. 374 p.

459. STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report / S. Marginson, R. Tytler, B. Freeman, K. Roberts. Melbourne, Victoria : Australian Council of Learned Academies, 2013. 179 p. URL: https://acola.org.au/wp/PDF/SAF02Consultants/SAF02_STEM_%20FINAL.pdf (date of access: 25.03.2020).

460. STEM-освіта: основні дефініції / О. Є. Стрижак та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62. № 6. С. 16–33.

461. Strategies to Build Science, Technology, Engineering, and Math Excellence. URL: <http://www.clexchange.org/curriculum/standards/stem.asp> (date of access: 25.03.2020).

462. Stubbs K. N., Yanco H. A. STREAM: A workshop on the use of robotics in K–12 STEM education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*. 2009. № 16(4). P. 17–19.

463. Sublette H. An effective model of developing teacher leaders in STEM education : thesis of doctoral dissertation of Education in Organizational Leadership. Pepperdine University, 2013. 177 p. URL: <https://search.proquest.com/openview/3bc3018bb4000c7c84e8bd3ac2ed9cfd/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y> (date of access: 25.03.2020).

464. Swarat Su, Ortony A., Revelle W. Activity matters: Understanding student interest in school science. *Journal of research in science teaching*. 2012. Vol. 49.4. P. 515–537.

465. Taiwan Educational System: report. Educational System. Ministry of Education, National Science Council, Taipei. URL: <https://english.moe.gov.tw/cp-31-17722-3fb83-1.html> (date of access: 25.03.2020).

466. Taylor K., Lamoreaux A. Teaching with the brain in mind. *New Directions For Adult & Continuing Education*. 2008. Vol. 119. P. 49–59. URL: <https://doi.org/10.1002/ace.305> (date of access: 25.03.2020).

467. Teach in Canada. URL: <http://tobecomeateacher.org/resources/teach-canada-guide-certified-u-s-teachers/> (date of access: 25.03.2020).

468. Teacher education in Canada: A baseline study / Crocker R. K. et al. Kelowna B.C. : Society for the Advancement of Excellence in Education, 2008. 137 p.

469. TEFL/TESOL Standards and Evidence. URL: <http://www.accreditat.com/tefl-tesol-providers/standards-of-evidence.html> (date of access: 25.03.2020).

470. The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/> (date of access: 25.03.2020).

471. The 13th Five-Year Plan on National Economic and Social Development of the People's Republic of China (2016–2020). Central

Compilation & Translation Press, 2015. 219 p. URL: <https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/CHINA%20The%2013th%20Five-Year%20Plan%20%282016-2020%29.pdf> (date of access: 25.03.2020).

472. These 5 High-Paying, Fast-Growing STEM Professions Need More Men. URL: <https://www.forbes.com/sites/metabrown/2017/10/29/these-5-high-paying-fast-growing-stem-professions-need-more-men/7/#930f06630c46> (date of access: 25.03.2020).

473. Trent J. Teacher education as identity construction: Insights from action research. *Journal of Education for Teaching*. 2010. № 36 (2). P. 53–168.

474. Turner A., Generation Z. Technology and social interest. *The Journal of Individual Psychology*. 2015. T. 71. № 2. P. 103–113.

475. UN General Assembly Resolution. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development : Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. URL: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (date of access: 25.03.2020).

476. UNESCO International Symposium and Policy Forum. Cracking the code: girls' education in STEM. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002534/253479E.pdf> (date of access: 25.03.2020).

477. Usher A. The State of Post-Secondary Education in Canada, 2018. Toronto : Higher Education Strategy Associates, 2018. 62 p. URL: https://higheredstrategy.com/wp-content/uploads/2018/08/HESA_SPEC_2018_final.pdf (date of access: 25.03.2020).

478. Using System Dynamics and Systems Thinking (SD/ST) Tools and Learning. URL: <http://static.clexchange.org/ftp/STEMStandards.pdf> (date of access: 25.03.2020).

479. Valko N. Teachers' Training System of Natural and Mathematical Disciplines of Ukraine in STEM-education. *European science review*. 2019. № 9–10. P. 32–34. URL: <https://doi.org/10.29013/ESR-19-9.10-32-34> (date of access: 25.03.2020).

480. Valko N., Kushnir N., Manzhula A. Future and Experienced Teachers Should Collaborate on ICT Integration. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*. ICTERI 2014. Communications in Computer and Information Science / Ermolayev V., Mayr H., Nikitchenko M., Spivakovsky A., Zholtkevych G. (eds). 2014. Vol. 469. Springer, Cham. P. 217–237. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13206-8_11 (date of access: 25.03.2020).

481. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Design of the educational environment for STEM-oriented learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. Vol. 75. № 1. P. 316–330. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3213> (date of access: 25.03.2020).

482. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Determining the Level of Readiness of Teachers to Implementation of STEM-Education in Ukraine. Proceedings of 15th International Conference on *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer* (ICTERI 2019, Kherson, Ukraine, 12–15 June 2019): CEUR Workshop Proceedings. Kherson, 2019. Vol. 2393. P. 144–155. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_369.pdf (date of access: 25.03.2020).

483. Valko N., Osadchyi V., Kuzmich L., Abdullaeva N. Studies of impact of specialized STEM training on choice further education. *The International Conference on History, Theory and Methodology of Learning* (ICHTML 2020). SHS Web Conf. 2020. Vol. 75. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207504014> (date of access: 25.03.2020).

484. Watson C. Narratives of practice and the construction of identity in teaching. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*. 2006. № 12 (5). P. 509–526.

485. What teachers should know and be able to do. National Board for Professional Teaching Standards, 2002. 52 p. URL:

<http://accomplishedteacher.org/wp-content/uploads/2016/12/NBPTS-What-Teachers-Should-Know-and-Be-Able-to-Do-.pdf> (date of access: 25.03.2020).

486. Williams J. P. STEM education: proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*. 2011. Vol. 16(1). P. 26–35.

487. Women in Tech: 40% of LinkedIn Top Voices 2017 in Technology are women: What an achievement. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/40-linkedin-top-voices-2017-technology-women-what-muqbil-ahmar> (date of access: 25.03.2020).

488. Yakman G. STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. *Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design & Engineering Teaching*. Salt Lake City, Utah, USA, 2008.

ДОДАТКИ

Додаток А

Перелік STEM-професій

**Перелік STEM-професій, відповідно до звіту комісії з рівних
можливостей у сфері зайнятості «Різноманітність у високих
технологіях»**

Управління	Життєві, фізичні та соціальні науки
<ul style="list-style-type: none"> • Архітектурні та інженерні менеджери • Менеджери комп'ютерних та інформаційних систем • Менеджери з природничих наук Комп'ютери та математика • Кризові менеджери • Вчені з комп'ютерних та інформаційних досліджень • Архітектори комп'ютерної мережі • Фахівці з підтримки комп'ютерної мережі • Аналітики комп'ютерних систем • Адміністратори бази даних • Аналітики інформаційної безпеки • Математики • Адміністратори мережевих та комп'ютерних систем • Аналітики дослідження операцій • Статистики • Веброзробники Архітектура та інженерія • Техніки аерокосмічної інженерії та експлуатації • Космічні інженери • Інженери-аграрії • Фахівці з архітектурних та цивільних питань • Біомедичні інженери • Інженери-хіміки • Техніки цивільного будівництва • Інженери комп'ютерної техніки • Інженери-електрики • Техніки-електромеханіки • Інженери з електроніки, крім комп'ютера 	<ul style="list-style-type: none"> • Техніки в аграрній галузі та харчовій промисловості • Учені-зоологи • Астрономи • Вчені в атмосферній та космічній галузі • Біохіміки та біофізики • Техніки-біологи • Хімічні техніки • Хіміки • Науковці з охорони природи • Вчені та спеціалісти-екологи, в тому числі й з охорони здоров'я • Епідеміологи • Вчені та технологи харчової промисловості • Технічні експерти з криміналістики • Лісники, егері • Геологічні та нафтові техніки • Гідрологи • Матеріалознавці • Мікробіологи • Ядерні техніки • Фізики • Вчені з ґрунтознавства та рослинництва • Зоологи та біологи дикої природи • Вчені-біологи, всі інші • Життєзнавці, всі інші • Вчені-фізики, всі інші Освіта, навчання та бібліотечна справа <ul style="list-style-type: none"> • Викладачі аграрних наук • Викладачі архітектури • Викладачі з атмосферних, наземних, морських та космічних наук

<ul style="list-style-type: none"> • Екологічні інженери • Інженери з охорони праці, крім інженерів з гірничої безпеки та інспекторів • Техніки з промислового машинобудування • Морські інженери та військово-морські архітектори • Інженери-матеріалознавці • Техніки машинобудування • Інженери-механіки • Гірничі та геологічні інженери, включаючи інженерів з гірничої безпеки • Інженери-ядерники • Інженери нафтової галузі • Техніки з геодезії та картографії 	<ul style="list-style-type: none"> • Викладачі біологічних наук • Викладачі хімії • Викладачі інформатики • Викладачі інженерії • Викладачі природознавства • Викладачі лісових та природоохоронних наук • Викладачі математичних наук • Викладачі фізики Продажі та пов'язані з ними галузі • Інженери з продажу • Торгові представники оптової та виробничої, технічної та наукової продукції
--	--

Додаток Б

Підготовка фахівців зі STEM-спеціальностей в Україні

Підготовка фахівців зі STEM-спеціальностей в Україні

(відповідно до переліку предметних спеціальностей [45])

Найменування галузі знань	Напрямок підготовки (спеціальність)
Хімічна та біоінженерія	Біомедична інженерія
	Біотехнології та біоінженерія
	Хімічні технології та інженерія
Управління та адміністрування	Маркетинг
	Міжнародні економічні відносини
	Облік та оподаткування
	Підприємництво, торгівля та біржова діяльність
	Публічне управління та адміністрування
	Фінанси, банківська справа та страхування
Транспорт	Авіаційний транспорт
	Автомобільний транспорт
	Залізничний транспорт
	Річковий та морський транспорт
	Транспортні технології (за видами)
Середня освіта (за предметними спеціалізаціями)	Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
	Середня освіта (Географія)
	Середня освіта (Інформатика)
	Середня освіта (Математика)
	Середня освіта (Природничі науки)
	Середня освіта (Трудове навчання та технології)
	Середня освіта (Фізика)
	Середня освіта (Хімія)
Професійна освіта (за спеціалізаціями)	Професійна освіта (Будівництво)
	Професійна освіта (Гірництво)
	Професійна освіта (Деревообробка)
	Професійна освіта (Екологія)
	Професійна освіта (Електроніка, радіотехніка та телекомунікації)
	Професійна освіта (Електротехніка та електромеханіка)
	Професійна освіта (Енергетика)
	Професійна освіта (Зварювання)
	Професійна освіта (Комп'ютерні технології)
	Професійна освіта (Машинобудування)
	Професійна освіта (Металургія)

Найменування галузі знань	Напрямок підготовки (спеціальність)
	Професійна освіта (Метрологія, стандартизація та сертифікація)
	Професійна освіта (Нафтогазова справа)
	Професійна освіта (Технологія виробів легкої промисловості)
	Професійна освіта (Технологія виробництва і переробки продуктів сільського господарства)
	Професійна освіта (Транспорт)
	Професійна освіта (Хімічні технології)
Природничі науки	Географія
	Біологія
	Екологія
	Науки про Землю
	Прикладна фізика та наноматеріали
	Фізика та астрономія
	Хімія
Охорона здоров'я	Стоматологія
Механічна інженерія	Авіаційна та ракетно-космічна техніка
	Галузеве машинобудування
	Матеріалознавство
	Металургія
	Прикладна механіка
	Приладобудування
	Суднобудування
Математика та статистика	Прикладна математика
	Статистика
Інформаційні технології	Інженерія програмного забезпечення
	Інформаційні системи та технології
	Кібербезпека
	Комп'ютерна інженерія
	Комп'ютерні науки
	Системний аналіз
Електроніка та телекомунікації	Авіоніка
	Електроніка
	Телекомунікації та радіотехніка
	Атомна енергетика
	Гідроенергетика
	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
	Енергетичне машинобудування
	Теплоенергетика
Виробництво та технології	Гірництво
	Деревообробні та меблеві технології
	Нафтогазова інженерія та технології
	Технології захисту навколишнього середовища
	Технології легкої промисловості

Найменування галузі знань	Напрямок підготовки (спеціальність)
	Харчові технології
Біологія	Біологія
Архітектура та будівництво	Архітектура та містобудування
	Будівництво та цивільна інженерія
	Геодезія та землеустрій
	Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
Аграрні науки та продовольство	Агроінженерія
	Водні біоресурси та аквакультура
	Технологія виробництва і переробки продукції рослинництва
	Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва
Автоматизація та приладобудування	Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
	Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
	Мікро- і наносистемна техніка

Додаток В

Компетентності здобувачів вищої освіти деяких галузей знань

Таблиця В.1

Інтегральна компетентність здобувачів вищої освіти
деяких галузей знань

Спеціальність	Інтегральна компетентність
015 Професійна освіта	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в професійній освіті, що передбачає застосування певних теорій і методів педагогічної науки та інших наук відповідно до спеціалізації і характеризується комплексністю та невизначеністю умов
104 Фізика та астрономія	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов
091 Біологія	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі біології при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування законів, теорій та методів біологічної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Таблиця В.2

Загальні компетентності здобувачів вищої освіти
деяких галузей знань

Спеціальність	Загальні компетентності
015 Професійна освіта	<p>К 01. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p> <p>К 02. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p> <p>К 03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p>

Спеціальність	Загальні компетентності
	<p>К 04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.</p> <p>К 05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.</p> <p>К 06. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>К 07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>К 08. Здатність працювати в команді.</p> <p>К 09. Цінування та повага різноманітності та мультикультурності.</p> <p>К 10. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.</p> <p>К 11. Усвідомлення рівних можливостей та гендерних проблем.</p>
104 Фізика та астрономія	<p>К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>К03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>К04. Здатність бути критичним і самокритичним.</p> <p>К05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.</p> <p>К06. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>К07. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>К08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>К09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p>К10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.</p> <p>К11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.</p> <p>К12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово</p> <p>К13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.</p> <p>К14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p> <p>К15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p>
091 Біологія	<p>ЗК01. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p> <p>ЗК02. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p>

Спеціальність	Загальні компетентності
	ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК05. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово. ЗК06. Здатність спілкуватися іноземною мовою. ЗК07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК08. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. ЗК09. Здатність діяти соціально відповідально і свідомо з метою збереження природного навколишнього середовища. ЗК10. Здатність працювати в команді.

Таблиця В.3

**Спеціальні (фахові) компетентності здобувачів вищої освіти
деяких галузей знань**

Спеціальність	Спеціальні (фахові) компетентності
015 Професійна освіта	К 12. Здатність застосовувати освітні теорії та методології у педагогічній діяльності. К 13. Здатність забезпечити формування у здобувачів освіти цінностей громадянськості і демократії. К 14. Здатність керувати навчальними/розвивальними проектами. К 15. Здатність спрямовувати здобувачів освіти на прогрес і досягнення. К 16. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення та інтегрувати їх в освітнє середовище. К 17. Здатність реалізовувати навчальні стратегії, засновані на конкретних критеріях для оцінювання навчальних досягнень. К 18. Здатність аналізувати ефективність проектних рішень, пов'язаних з підбором, експлуатацією, удосконаленням, модернізацією технологічного обладнання та устаткування галузі/сфери відповідно до спеціалізації. К 19. Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення для вирішення професійних завдань, відповідно до спеціалізації. К 20. Здатність здійснювати професійну діяльність з дотриманням вимог законодавства, стандартів освіти та внутрішніх нормативних документів закладу освіти. К 21. Здатність упроваджувати ефективні методи організації праці відповідно до вимог екологічної безпеки, безпеки життєдіяльності та охорони і гігієни праці. К 22. Здатність використовувати у професійній діяльності основні положення, методи, принципи фундаментальних та прикладних наук. К 23. Здатність виконувати розрахунки технологічних процесів в галузі. К 24. Здатність управляти комплексними діями/проектами, відповідати за прийняття рішень у непередбачуваних умовах та

Спеціальність	Спеціальні (фахові) компетентності
	<p>професійний розвиток здобувачів освіти і підлеглих.</p> <p>К 25. Здатність збирати, аналізувати та інтерпретувати інформацію (дані) відповідно до спеціалізації.</p> <p>К 26. Здатність забезпечити якість освіти і управління діяльністю закладу освіти, відповідно до спеціалізації.</p>
091 Біологія	<p>СК01. Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань.</p> <p>СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі біологічних наук та на межі предметних галузей.</p> <p>СК03. Здатність досліджувати різні рівні організації живого, біологічні явища і процеси.</p> <p>СК04. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.</p> <p>СК05. Здатність до критичного осмислення новітніх розробок у галузі біології і професійній діяльності.</p> <p>СК06. Усвідомлення необхідності збереження біорізноманіття, охорони навколишнього середовища, раціонального природокористування.</p> <p>СК07. Здатність до аналізу будови, функцій, процесів життєдіяльності, онто- та філогенезу живих організмів.</p> <p>СК08. Здатність до аналізу механізмів збереження, реалізації та передачі генетичної інформації в організмів.</p> <p>СК09. Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.</p> <p>СК10. Здатність демонструвати знання механізмів підтримання гомеостазу біологічних систем.</p>

Таблиця В.4

Нормативний зміст підготовки бакалавра

Спеціальність	Програмні результати навчання
015 Професійна освіта	<p>ПР 01. Уміти використовувати інструменти демократичної правової держави в професійній та громадській діяльності, приймати рішення на підставі релевантних даних та сформованих ціннісних орієнтирів.</p> <p>ПР 02. Володіти інформацією чинних нормативно-правових документів, законодавства, галузевих стандартів професійної діяльності в установах, на виробництвах, організаціях галузі/сфери (відповідно до спеціалізації).</p> <p>ПР 03. Аналізувати суспільно й особистісно значущі світоглядні проблеми, усвідомлювати цінність захисту незалежності, територіальної цілісності та демократичного устрою України.</p> <p>ПР 04. Розуміти особливості комунікації, взаємодії та співпраці в міжнародному культурному та професійному контекстах.</p>

Спеціальність	Програмні результати навчання
	<p>ПР 05. Володіти культурою мовлення, обирати оптимальну комунікаційну стратегію у спілкуванні з групами та окремими особами.</p> <p>ПР 06. Доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу державною та іноземною мовами.</p> <p>ПР 07. Аналізувати та оцінювати ризики, проблеми у професійній діяльності й обирати ефективні шляхи їх вирішення.</p> <p>ПР 08. Самостійно планувати й організувати власну професійну діяльність і діяльність здобувачів освіти і підлеглих.</p> <p>ПР 09. Відшуковувати, обробляти, аналізувати та оцінювати інформацію, що стосується професійної діяльності, користуватися спеціалізованим програмним забезпеченням та сучасними засобами зберігання та обробки інформації.</p> <p>ПР 10. Знати основи психології, педагогіки, а також фундаментальних і прикладних наук (відповідно до спеціалізації) на рівні, необхідному для досягнення інших результатів навчання, передбачених цим стандартом та освітньою програмою.</p> <p>ПР 11. Володіти психолого-педагогічним інструментарієм організації освітнього процесу, уміти проектувати і реалізувати навчальні/розвивальні проекти.</p> <p>ПР 12. Уміти проектувати і реалізувати навчальні/розвивальні проекти.</p> <p>ПР 13. Застосовувати у професійній діяльності сучасні дидактичні та методичні засади викладання навчальних дисциплін і обирати доцільні технології та методики в освітньому процесі.</p> <p>ПР 14. Володіти навичками стимулювання пізнавального інтересу, мотивації до навчання, професійного самовизначення та саморозвитку здобувачів освіти.</p> <p>ПР 15. Діагностувати, прогнозувати, забезпечувати ефективність та корегування освітнього процесу для досягнення програмних результатів навчання і допомоги здобувачам освіти в реалізації індивідуальних освітніх траєкторій.</p> <p>ПР 16. Знати основи і розуміти принципи функціонування технологічного обладнання та устаткування галузі (відповідно до спеціалізації)</p> <p>ПР 17. Виконувати розрахунки, що відносяться до сфери професійної діяльності.</p> <p>ПР 18. Розв'язувати типові спеціалізовані задачі, пов'язані з вибором матеріалів, виконанням необхідних розрахунків, конструюванням, проектуванням технічних об'єктів у предметній галузі (відповідно до спеціалізації).</p> <p>ПР 19. Уміти обирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для вирішення типових складних завдань у галузі (відповідно до спеціалізації).</p> <p>ПР 20. Емпатійно взаємодіяти, відповідати за прийняття рішень в межах своєї компетенції, дотримуватися стандартів професійної етики.</p>

Спеціальність	Програмні результати навчання
	<p>ПР 21. Застосовувати міжнародні та національні стандарти і практики в професійній діяльності.</p> <p>ПР 22. Застосовувати програмне забезпечення для e-learning і дистанційного навчання і здійснювати їх навчально-методичний супровід.</p> <p>ПР 23. Розуміти соціально-економічні процеси, що відбуваються в Україні та світі, мати навички ефективного господарювання.</p> <p>ПР 24. Володіти основами управління персоналом і ресурсами, навичками планування, контролю, звітності на виробництвах, в установах, організаціях галузі/сфери.</p> <p>ПР 25. Забезпечувати рівні можливості і дотримуватися принципів гендерного паритету у професійній діяльності.</p>
104 Фізика та астрономія	<p>ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.</p> <p>ПР02. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.</p> <p>ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.</p> <p>ПР04. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.</p> <p>ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.</p> <p>ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.</p> <p>ПР07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.</p> <p>ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.</p> <p>ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних</p>

Спеціальність	Програмні результати навчання
	<p>розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.</p> <p>ПР10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.</p> <p>ПР11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.</p> <p>ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.</p> <p>ПР13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.</p> <p>ПР14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.</p> <p>ПР15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.</p> <p>ПР16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.</p> <p>ПР17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.</p> <p>ПР18. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень.</p> <p>ПР19. Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства.</p> <p>ПР20. Знати і розуміти свої громадянські права і обов'язки, як члена вільного демократичного суспільства, мати навички їх реалізації, відстоювання та захисту.</p> <p>ПР21. Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності. ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень</p>

Спеціальність	Програмні результати навчання
	<p>для забезпечення сталого розвитку суспільства.</p> <p>ПР23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.</p> <p>ПР24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.</p> <p>ПР25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.</p>
091 Біологія	<p>ПР01. Розуміти соціальні та економічні наслідки впровадження новітніх розробок у галузі біології у професійній діяльності.</p> <p>ПР02. Застосовувати сучасні інформаційні технології, програмні засоби та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення професійної діяльності.</p> <p>ПР03. Планувати, виконувати, аналізувати дані і презентувати результати експериментальних досліджень в галузі біології.</p> <p>ПР04. Спілкуватися усно і письмово з професійних питань з використанням наукових термінів, прийнятих у фаховому середовищі, державною та іноземною мовами.</p> <p>ПР05. Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних біологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення.</p> <p>ПР06. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, екології, математики у процесі навчання та забезпечення професійної діяльності.</p> <p>ПР07. Володіти прийомами самоосвіти і самовдосконалення. Уміти проєктувати траєкторію професійного росту й особистого розвитку, застосовуючи набуті знання.</p> <p>ПР08. Знати та розуміти основні терміни, концепції, теорії і закони в галузі біологічних наук і на межі предметних галузей.</p> <p>ПР09. Дотримуватися положень біологічної етики, правил біологічної безпеки і біологічного захисту у процесі навчання та професійній діяльності.</p> <p>ПР10. Знати основи систематики, методи виявлення та ідентифікації неклітинних форм життя, прокариот і еукаріот й застосовувати їх для вирішення конкретних біологічних завдань.</p> <p>ПР11. Розуміти структурну організацію біологічних систем на молекулярному рівні.</p> <p>ПР12. Демонструвати знання будови, процесів життєдіяльності та функцій живих організмів, розуміти механізми регуляції фізіологічних функцій для підтримання гомеостазу біологічних систем.</p> <p>ПР13. Знати механізми збереження, реалізації та передачі генетичної інформації та їхнє значення в еволюційних процесах.</p> <p>ПР14. Аналізувати взаємодії живих організмів різних рівнів філогенетичної спорідненості між собою, особливості впливу різних чинників на живі організми та оцінювати їхню роль у біосферних процесах трансформації речовин і енергії.</p> <p>ПР15. Аналізувати форми взаємовідносин між мікро- та макроорганізмами з визначенням основних напрямів цих процесів. ПР16. Знати будову та функції імунної системи, клітинні та молекулярні механізми імунних реакцій, їх</p>

Спеціальність	Програмні результати навчання
	<p>регуляцію, генетичний контроль; види імунітету та методи оцінки імунного статусу організму.</p> <p>ПР17. Розуміти роль еволюційної ідеї органічного світу. ПР18. Уміти прогнозувати ефективність та наслідки реалізації природоохоронних заходів.</p> <p>ПР19. Застосовувати у практичній діяльності методи визначення структурних та функціональних характеристик біологічних систем на різних рівнях організації.</p> <p>ПР20. Аргументувати вибір методів, алгоритмів планування та проведення польових, лабораторних, клініко-лабораторних досліджень, у т.ч. математичних методів та програмного забезпечення для проведення досліджень, обробки та представлення результатів. ПР21. Аналізувати інформацію про різноманіття живих організмів. ПР22. Поєднувати навички самостійної та командної роботи задля отримання результату з акцентом на добросовісність, професійну сумлінність та відповідальність за прийняття рішень.</p> <p>ПР23. Реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства.</p> <p>ПР24. Аналізувати фізико-хімічні властивості та функціональну роль біологічних макромолекул і молекулярних комплексів живих організмів, характер взаємодії їх з іонами, молекулами і радикалами, їхню будову й енергетику процесів.</p>

Навчальна дисципліна «Основи робототехнічних систем»

Анотація до курсу

Міждисциплінарні зв'язки:

- Природничо-математичні дисципліни (математика, фізика, біологія, хімія).
- Комп'ютерні інформаційні технології.
- Курс може бути базовим для програмування.

Мета курсу: познайомитися з проектним методом, принципами створення робототехнічних систем, синтаксисом мови програмування C++, навчитися створювати роботизовані пристрої на базі Arduino, а також програми для керування ними.

Очікувані результати:

знати:

- основні принципи створення роботизованих пристроїв;
- основні принципи створення програм функціонування роботизованих пристроїв;
- принципи роботи та взаємодії різних електронних компонентів;
- структуру та алгоритми для створення роботизованих пристроїв;
- основи програмування в C++;
- проблеми розробки роботизованих пристроїв.

вміти:

- читати принципові та монтажні схеми;
- створювати та тестувати прототипи пристроїв;
- збирати електричні схеми;
- розробляти програмний код і створювати готові конструкції;
- модифікувати і розширювати можливості роботизованих пристроїв.

Програмні результати навчання (ПРН)	ПРН5. Управляти процесами створення та використання інформаційних систем та цифрових сервісів. ПРН10. Володіти інструментом розробки/експлуатації систем підтримки прийняття рішень, сучасних програмних продуктів та ІТ-технологій для реалізації поставлених завдань.
-------------------------------------	--

Програмні компетентності

Загальні компетентності (ЗК)	ЗК2. Здатність до адаптації, генерування нових ідей та дій в нових ситуаціях. ЗК4. Здатність проводити дослідження та презентувати результати. ЗК6. Здатність до праці у колективі та команді. ЗК7. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.
Фахові компетентності (ФК)	ФК3. Здатність до управління інноваційною діяльністю ФК8. Здатність до використання сучасних програмних платформ реалізації алгоритмів, економіко-математичних та імітаційних моделей

Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ до робототехніки.

- Робототехніка. Історія робототехніки. Класифікація роботів. Принципи створення робототехнічних систем. Конструювання, збір функціональних вузлів. Програмування, тестування програми. Контроль правильності роботи робото технічної системи.
- Механіка. Типи з'єднань (рухомі, нерухомі, еластичні). Компоненти робототехнічних систем. Механічні передачі: циліндрична зубчата, конічна зубчата, рейкова та черв'ячна передачі. Передаточне число.
- Аналогові/цифрові датчики і сенсори. Сенсор тиску. Сенсор відстані (ультразвуковий/ інфрачервоний). Сенсор освітленості. Сенсор кольору. Сенсор звуку.
- Двигуни. Режими роботи двигунів. Типи двигунів. Двигун-редуктор. Розрахунки швидкості, кута повороту. Використання вбудованого регулятора швидкості.

Тема 2. Принципи програмування в середовищі IDE.

- Лінійні програми. Нескінченні цикли. Константи і змінні в мові програмування. Бінарне розгалуження. Конструкції множинного вибору. Цикли з передумовою та цикли з постумовою. Цикли з фіксованою кількістю ітерацій. Модульна побудова програм. Функції та процедури.
- Принцип багато поточності в обчислювальних середовищах. Паралельні потоки в програмуванні робототехнічних пристроїв.

Тема 3. Методологія проектування та програмування робототехнічних пристроїв.

- Керування пристроями. Програмування Bluetooth-модуля. Голосове керування пристроями.
- Рух. Прямолінійний рух. Круговий рух. Рух по кривій. Рух по багатокутнику. Дистанційне керування рухом робототехнічних пристроїв. Дистанційне керування кутом повороту, швидкістю.
- Складні алгоритми руху робототехнічних пристроїв. Алгоритми руху з уникненням перешкоди. Алгоритми руху в лабіринтах: односторонній рух. Алгоритм з «запам'ятовуванням» маршруту. Алгоритми руху по лінії.
- Алгоритми руху з різними датчиками. Рух з сенсорами освітлення/кольору (одним/двома/трьома).

Тема 4. Прототипування розумних пристроїв.

- Інтернет речей. Розумне місто. Розумний будинок. Прототипування систем контролю. Кодовий замок. Створення метеостанції. Створення розумної теплиці.

Тема 5. Автономний рух автомобіля.

- Робота з драйвером двигунів. Обертання колеса в різні боки і з різною швидкістю. Прості маневри. Рух по колу, рух по вісімці.
- Датчик лінії. Принцип роботи. Передача показань датчика в комп'ютер (монітор порту). Їзда по лінії з одним датчиком лінії. Їзда по лінії з двома датчиками лінії.
- Датчик відстані. Принцип роботи датчика відстані. Передача показань датчика відстані на пристрої. Рух з датчиком відстані. Рух до перешкоди і її уникнення. Пошук противника (Робо-Сумо).

Тема 5. Основи електроніки та роботи з Arduino.

- Термінологія. Принципові схеми. Створення прототипів схем. Основи схемотехніки. Закон Ома. Основи електроніки. Аналогова та цифрова електроніка. Мікроконтроллер та пристрої Arduino. Розробка програм в IDE Arduino. Основи C++.

Тема 6. STEM. Інтернет речей.

- Створення прототипів систем контролю. Робота з пристроями Arduino. Концепції систем контролю. Елементи систем контролю. Етапи розробки прототипів.

- Створення розумних пристроїв. Робота з датчиками Arduino. Проектування системи. Компоненти створення піксельної анімації. Робота зі світлодіодами, світлодіодними планками, LED матрицею.

- Створення прототипу охоронної системи. Знайомство з датчиком руху (ПЧ) та п'єзоелементом. Кодовий замок. Робота з цифровою клавіатурою.

- Створення метеостанції. Знайомство з фото резистором, датчиком вологості, температури і тиску. Створення розумної теплиці. Знайомство з LED екраном, вивід показань датчиків на екран, створення прототипу теплиці.

- Вимірювання швидкості реакції людини. Принципи роботи кнопок, RGB світлодіода. Привітний робот. Створення робота, який виконує рухи «руками». Відомості про потенціометр, двигуни, робота з серводвигуном, ультразвуковим датчиком.

Змістові модулі навчальної дисципліни.

Змістовий модуль 1. Принципи побудови робототехнічних систем.

Лекційні модулі:

1. Робототехніка. Історія робототехніки. Класифікація роботів. Принципи створення робототехнічних систем. Конструювання, збір функціональних вузлів. Програмування, тестування програми. Контроль правильності роботи робототехнічної системи

2. Механіка. Типи з'єднань (рухомі, нерухомі, еластичні). Компоненти робототехнічних систем.

3. Принципи програмування в середовищі. Принцип багатопоточності в обчислювальних середовищах. Паралельні потоки в програмуванні робототехнічних пристроїв.

Лабораторні модулі:

1. Механічні передачі: циліндрична зубчата, конічна зубчата, рейкова та черв'ячна передачі. Передаточне число.

2. Аналогові/цифрові датчики і сенсори. Сенсор тиску. Сенсор відстані (ультразвуковий/ інфрачервоний). Сенсор освітленості. Сенсор кольору. Сенсор звуку. Двигуни. Режими роботи двигунів. Типи двигунів. Двигун-редуктор. Розрахунки швидкості, кута повороту. Використання вбудованого регулятора швидкості.

3. Рух. Складні алгоритми руху робототехнічних пристроїв. Алгоритми руху з уникненням перешкоди. Алгоритми руху в лабіринтах: односторонній рух. Алгоритм з «запам'ятовуванням» маршруту. Алгоритми руху по лінії. Алгоритми руху з різними датчиками. Рух з сенсорами освітлення/кольору (одним/двома/трьома).

Модулі самостійної роботи:

1. Модульна побудова програм. Функції та процедури.

2. Складні алгоритми руху робототехнічних пристроїв. Прямолінійний рух. Круговий рух.
3. Рух по кривій. Рух по багатокутнику. Дистанційне керування рухом робототехнічних пристроїв. Дистанційне керування кутом повороту, швидкістю.

Змістовий модуль 2. Створення та програмування роботів.

Лекційні модулі:

1. Інтернет речей. Розумне місто. Розумний будинок.
2. Автономний рух автомобіля.
3. Основи електроніки та роботи з Arduino.
4. STEM. Інтернет речей.

Лабораторні модулі:

1. Прототипування систем контролю. Кодовий замок. Створення метеостанції. Створення розумної теплиці.
2. Робота з драйвером двигунів. Обертання колеса в різні боки і з різною швидкістю. Прості маневри. Рух по колу, рух по вісімці.
3. Датчик відстані. Принцип роботи датчика відстані. Передача показань датчика відстані на пристрої. Рух з датчиком відстані. Рух до перешкоди і її уникнення. Пошук противника (Робо-Сумо).
4. Створення розумних пристроїв. Робота з датчиками Arduino. Проектування системи. Компоненти створення піксельної анімації. Робота зі світлодіодами, світлодіодними планками, LED матрицею. Створення прототипу охоронної системи. Датчик руху (ІЧ) та п'єзоелемент. Кодовий замок. Робота з цифровою клавіатурою.

Модулі самостійної роботи:

1. Неформальна та інформальна освіта з робототехніки. Змагання робототехнічних пристроїв. Участь у фестивалях та конкурсах.
2. Проектні роботи з робототехнічними системами. Створення маніпуляторів.

План занять та перелік робіт розташований за адресою www.ksuonline.kspu.edu.

Рекомендована література

Базова

1. Навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям / за ред. Шкури Г. А., Ніколайко Н. Ю., К.: УДЦПО, 2018. 117 с.
2. Програма курсу за вибором «Робототехніка» для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантьєв К.С. Київ, 2018.
3. Навчальна програма курсу за вибором (навчальна програма «Технології. 10–11 класи)Т.І. Лисенко, Б.О. ШевельКременчук, 2014.
4. Навчальні програми з позашкільної освіти науково-технічного напрямку / за ред. Биковського Т.В., Шкури Г. А. К.: УДЦПО, 2014. 207 с.
5. Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів С.М.Дзюба,І.В. Кіт,О.Г. Кіт, Г.В. Мічуріна, С.А. Хачатрян Київ, 2013.
6. Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів С.М. Дзюба, І.В, Кіт, О.Г. Кіт, Г.В. Мічуріна, С.А. Хачатрян Київ, 2013. 12 с.
7. Навчальна програма з позашкільної освіти науково-технічного напрямку для вихованців віком від 12 до 18 років М.А. Гезалова. Запоріжжя, 2013.

8. Навчальні програми з позашкільної освіти: науково-технічний напрям / Биковський Т.В., Вихренко Т.О. К, 2012. 140 с.

9. Програма курсу за вибором «Цифрова та медіаграмотність» для 1–9 класів. Автори: Саражинська Н.А., Якуба С.Ю.

Допоміжна

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 400 с.

2. Ранберг Дерек, Хуанг Брайан Arduino для изобретателей. Обучение электронике на 10 проектах. СПб.: БХВ-Петербург, 2019. 288 с.

3. Ревич Ю. Азбука электроники. Изучаем Arduino. ISBN:978-5-17-102271-6.

4. Гордон МакКомб: Сделай сам! Робот на Arduino. ДМК-Пресс, 2018.

5. Платт Чарльз Электроника для начинающих: Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 480с.

6. Банци М. Arduino для начинающих волшебников.: Рид Групп, 2012. 128с.

7. Блум Джереми Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 336 с.

Інформаційні ресурси

1. Дистанційна платформа Херсонського державного університету www.ksuonline.ks.ua .

2. 3Д моделювання та програмування Arduino <https://www.tinkercad.com/#/>

3. Інструкція по встановленню та довідник по програмуванню на C++ <https://doc.arduino.ua/>

4. ArduinoIDE – сайт з програмою для Arduino <https://www.arduino.cc/>

5. Різні проекти і вказівки по збірці http://arduino-diy.com/arduino_dlya_nachinayushchikh-0

6. Колекція проектів для Arduino <http://arduino-diy.com/>

7. Приклади проектів на Arduino <https://habr.com/post/357908/>

8. Уроки вивчення Arduino <https://lesson.iarduino.ru/>

9. Уроки Arduino www.amperka.ru

Навчальна дисципліна «STEM-освіта і робототехніка»**(дисципліна за вибором)****АНОТАЦІЯ****навчальної дисципліни «STEM-освіта і робототехніка»***(дисципліна за вибором)*

Актуальність полягає в необхідності підготовки учителів-практиків до застосування інноваційних технологій у науково-дослідній діяльності на уроках з природничо-математичних та інших дисциплін.

Цифрові технології стали невід'ємною частиною сучасного життя і професійної діяльності в багатьох галузях. Досягнення у галузях робототехніки, нанотехнологій, біоінженерії та у розробках штучного інтелекту дозволяють будувати рішення глобальних екологічних проблем, вдосконалювати захист від стихійних лих, сприяти розвитку зеленої енергетики тощо. Це викликає необхідність зміни стратегії підготовки фахівців, в тому числі майбутніх учителів, здатних не тільки передати учням якісні знання, але й формувати у них навички використання цифрових технологій у професійній діяльності та розкрити потенціал інновацій для майбутнього.

STEM-освіта (від англ. Science, Technology, Engineering and Mathematics – наука, технології, інженерія і математика) є одним із основних трендів освітньої сфери багатьох країн світу і в Україні. Вона реалізовується через проектну діяльність, дослідні методи, роботу в команді та міжпредметні зв'язки, стимулює оволодіння знаннями і навичками технологічних наукових напрямів, здатних забезпечити інноваційну професійну діяльність. Проте існує проблема інтеграції STEM-освіти у навчальний процес. Зокрема це стосується підготовки вчителів і майбутніх учителів до застосування STEM-технологій у професійній діяльності.

Актуальним питанням є створення системи, що забезпечувала б фундаментальність на наступність освітнього процесу, і, разом з тим, забезпечувала б належний рівень застосування інноваційних технологій. Ця система повинна включати в себе етап формування навичок, що необхідні у професійній діяльності, розвиток цих навичок впродовж практичної діяльності та їх вдосконалення за рахунок підвищення кваліфікації.

Курс за вибором «STEM-освіта і робототехніка» покликаний познайомити з принципами створення робототехнічних систем, синтаксисом мови програмування C++, навчитися створювати роботизовані пристрої на базі Arduino, а також програми для керування ними.

Мета курсу:

- удосконалення професійної підготовки майбутнього учителя шляхом поглиблення й розширення професійних знань, умінь і навичок
- застосування інноваційних технологій, професійних компетентностей,
- набуття науково-педагогічного досвіду задля підготовки здобувачів освіти до оволодіння сучасними технологіями наукових досліджень та дослідної діяльності засобами STEM-технологій відповідно до запитів сучасного суспільства.

Завдання курсу: сформувати у студентів достатні знання, вміння та навички, необхідні для ефективного використання технологій програмування робототехнічних систем і розуміння принципів функціонування роботизованих пристроїв.

Методичні:

- Розкрити значення технологій та їх конверсії у сучасному суспільстві.
- Сформувати уявлення про можливості та інструменти формування міжпредметних зв'язків при викладанні дисципліни засобами робототехніки.
- Показати інтегрованість понять у сучасній науці і можливості застосування отриманих знань у різних сферах діяльності.
- Орієнтувати майбутніх фахівців на використання технологій для підтримки проєктних методів навчання.

Пізнавальні:

- Сформувати розуміння:
 - Можливостей використання робототехнічних пристроїв у навчально-виховному процесі.
 - Процесу організації робототехнічного проєкту в умовах класно-урочної системи.
 - Організації особистісно-орієнтованого навчання в контексті STEM-освіти.
- Створити умови для:
 - подальшого вдосконалення наукового пошуку вирішення завдань,
 - удосконалення своєї роботи засобами технологій;
 - активізації пізнавальної діяльності;
 - реалізації проєктної та науково-дослідної діяльності відповідно до сучасного рівня технологій.

Практичні:

- Сформувати вміння:
 - Використовувати проєктно-методичний підхід для вирішення глобальних проблем.
 - З'єдувати прилади, а також створювати інженерні конструкції.
 - Розробляти рішення в межах заданих ресурсів і обмежень.
 - Створювати творчі проєкти.
- Створити умови для формування алгоритмічного стилю мислення та вміння реалізації робототехнічних систем.
- Використовувати стратегії для підвищення продуктивності роботів за допомогою відповідних датчиків та механічних інструментів.

Створення пристроїв включає проєктування, вивчення компонентів, складання схем, написання програм, діагностику.

В результаті вивчення курсу студенти повинні:

знати:

- основні принципи створення роботизованих пристроїв;
- основні принципи створення програм функціонування роботизованих пристроїв;
- принципи роботи та взаємодії різних електронних компонентів;
- структуру та алгоритми для створення роботизованих пристроїв;
- основи програмування в C++;
- проблеми розробки роботизованих пристроїв.

вміти:

- читати принципові та монтажні схеми;
- створювати та тестувати прототипи пристроїв;
- збирати електричні схеми;
- розробляти програмний код і створювати готові конструкції;

- модифікувати і розширювати можливості роботизованих пристроїв.

Міждисциплінарні зв'язки:

- Природничо-математичні дисципліни (математика, фізика, біологія, хімія).
- Комп'ютерні інформаційні технології.
- Курс може бути базовим для програмування.

Опанування знаннями і навичками в результаті навчання за програмою дає змогу сформуванню компетентного фахівця з відповідними **компетентностями**:

Компетентності соціально-особистісні:

- знання сучасної системи організації академічної, галузевої науки і наукових установ;
- здатність планувати, розробляти й реалізувати різнопланові заходи щодо організації освітнього процесу;
- розуміння та сприйняття етичних норм поведінки відносно інших людей і відносно природи (принципи біоетики);
- усвідомлення можливостей власної ролі у вирішенні глобальних проблем людства і громадянського обов'язку;
- здатність до ефективної командної роботи;
- здатність до самостійної науково-дослідної діяльності, кваліфіковане узагальнення наукових і експериментальних даних, самостійна підготовка до організації проектної діяльності у навчальній роботі.

Загально-наукові компетентності:

- базові знання фундаментальних наук, в обсязі, необхідному для здійснення проектної діяльності;
- базові знання в галузі сучасних цифрових технологій; уміння використовувати програмні засоби і мережеві ресурси з метою впровадження досягнень науково-технічного прогресу у освітній процес;
- розуміння необхідності дотримання норм авторського і суміжних прав в сфері наукової діяльності;
- вміння визначати проблемні питання у соціокультурній і професійній сферах життєдіяльності та знаходити шляхи ефективного розв'язання поставлених питань;
- готовність до пошуку, обробки, аналізу та систематизації науково-технічної інформації з теми дослідження, вибору методик і засобів вирішення завдань.

Професійні компетентності:

- знання про проведення навчальних занять в закладах освіти; підготовка навчально-методичних матеріалів з профільних дисциплін;
- здатність моделювати різні аспекти системи, для якої створюється проект;
- знання психолого-педагогічних особливостей методики викладання профільних дисциплін, організації освітнього процесу;
- здатність до організації та проведення навчально-виховного процесу, організації педагогічної взаємодії зі здобувачами освіти;
- базові уявлення про сучасні принципи людино-машинної взаємодії;
- базові знання та практичне володіння методами і технологіями особистісно-орієнтованого навчання;
- використовувати мережеві ресурси для рішення експериментальних і практичних завдань у галузі професійної діяльності;
- здатність аргументовано переконувати колег у правильності пропонованого рішення, вміти донести до інших свою позицію;
- обізнаність з новітніми науково обґрунтованими відомостями з проектної діяльності, міждисциплінарного підходу застосування STEM-технологій та робототехніки;
- здатність до розробки проектів, пов'язаних з профільною освітою.

Очікувані результати

<p style="text-align: center;">Знання й розуміння</p> <ul style="list-style-type: none"> – сучасної організації науково-дослідної діяльності засобами STEM-освіти; – значення науково-дослідної діяльності у освітньому процесі; – принципів, методів, форм та засобів застосування STEM-технологій з метою впровадження досягнень науково-технічного прогресу у навчальний процес; – організації та проведення дослідних проєктів в закладах освіти; підготовка навчально-методичних матеріалів для створення окремих проєктів; – можливість використання технологій для підтримки проєктних методів навчання; – інтегрованість понять у сучасній науці і можливості застосування отриманих знань у різних сферах діяльності. 	<ul style="list-style-type: none"> – доповідь про організацію проєктної науково-дослідної діяльності у освітньому закладі, який представляє викладач/вчитель; – створення проєкту за однією з обраних тем; – розробка навчально-методичних матеріалів з окремих навчальних тем з застосуванням STEM-технологій; – участь у вхідному опитуванні та опитуванні-відгуку про пройдений курс; – ознайомлення та аналіз тематики науково-дослідних робіт для участі у змаганнях та фестивалях.
<p style="text-align: center;">Уміння</p> <ul style="list-style-type: none"> – планувати, розробляти й реалізувати різнопланові заходи щодо організації освітнього процесу з використанням STEM-технологій; – планувати проєктну діяльність здобувачів освіти; – проектувати власну програму професійно-особистісного зростання з урахуванням розвитку технологій; – готовність до застосування та відслідковування освітніх технологічних трендів, вибору методик і засобів вирішення проблемних соціальних питань засобами STEM-технологій; – здатність до організації та проведення науково-дослідної діяльності школярів/студентів, організації педагогічної взаємодії зі здобувачами освіти у проєктній діяльності; – здатність до організації і проведення навчальних занять і практик з застосуванням STEM-технологій; – здатність до розробки міждисциплінарних проєктів. – використовувати інтегрованість понять у сучасній науці і можливості застосування отриманих знань у різних 	<ul style="list-style-type: none"> – розробка практичного заняття з використанням STEM-технологій; – ознайомлення з мережевими ресурсами STEM-освіти; – укладання переліку методик і засобів вирішення завдань, пов'язаних з міждисциплінарними проєктами; – аналіз освітніх STEM-технологій; – демонстрація фрагменту проєктної роботи з застосуванням STEM-технологій.

сферах діяльності	
Диспозиції (цінності, ставлення)	<ul style="list-style-type: none"> – особистісно-зорієнтоване навчання, цінність особистості; – просування загальнокультурних та соціально-громадянських цінностей (допомога, співучасть, співчуття, право вибору, політкультурність); – створення навчально-методичних матеріалів для проведення науково-дослідної діяльності засобами STEM-технологій.

Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти

- Рамка цифрових компетентностей DigComp
- STEM в роботі вчителя
- Огляд навчальних робототехнічних конструкторів
- Підготовка учнів до участі у конкурсах і олімпіадах
- Майстер-класи та інші форми формальної, неформальної та інформальної освіти.

Тема 2. Методологія проектування та програмування робототехнічних пристроїв

- Lego MINDSTORMS EV3
- Конструктори Makeblock та прийоми роботи з ними.
- Конструктори Arduino та прийоми роботи з ними.

Змістові модулі навчальної дисципліни.

Змістовий модуль 1. Основи STEM-освіти.

Лекційні модулі:

1. Рамка цифрових компетентностей DigComp
 - Навички 21 століття, професії майбутнього. Рамка цифрових компетентностей.
2. STEM в роботі вчителя
 - Технотренди в освіті. Роботизовані системи і пристрої. Робототехніка у початкових програмах. Проектна діяльність
3. Огляд навчальних робототехнічних конструкторів
 - Робота з освітніми конструкторами Lego MINDSTORMS EV3, Makeblock, Arduino.

Лабораторні модулі:

1. Створення піксельної анімації. Знайомство з платою Arduino, середовищем розробки програм. Відомості про основи електроніки. Робота зі світлодіодами, світлодіодними планками, LED матрицею. Створення прототипу гірлянди.
2. Вимірювання швидкості реакції людини. Принципи роботи кнопок, RGB світлодіода. Створення прототипу розумного світлофора.
3. Привітний робот. Створення робота, який виконує рухи «руками». Відомості про потенціометр, двигуни, робота з серводвигуном, ультразвуковим датчиком. Створення прототипу пропускнуої системи.
4. Створення прототипу охоронної системи. Знайомство з датчиком руху (ІЧ) та п'єзоелементом.
5. Створення прототипу кодового замка. Робота з цифровою клавіатурою.
6. Створення прототипу метеостанції. Знайомство з фото резистором, датчиком вологості, температури і тиску.

7. Створення розумної теплиці. Знайомство з LED екраном, вивід показань датчиків на екран, створення прототипу теплиці.

8. Автономний рух автомобіля.

– Робота з драйвером двигунів. Обертання колеса в різні боки і з різною швидкістю.

– Прості маневри. Рух по колу, рух по вісімці (в цих заняттях як правило доводиться багато раз підбирати необхідний час і швидкість, щоб отримати задану фігуру).

– Датчик лінії. Принцип роботи. Передача показань датчика в комп'ютер (монітор порту).

– Рух по лінії з одним датчиком лінії.

– Рух по лінії з двома датчиками лінії.

– Далекомір. Принцип роботи далекоміра. Передача показань далекоміра в комп'ютер.

– Рух по кімнаті з далекоміром. Робот їде вперед до зустрічі з перешкодою, як тільки під'їжджає до стіни - повертає.

– Пошук противника (як в робосумо). Два роботи ставляться до кола і починають крутитися на місці, вишуковуючи далекоміром супротивника.

Завдання для самостійної роботи

Розробіть моделі робототехнічних пристроїв на основі плати Arduino з використанням необхідних датчиків та програми для керування ними. Дослідіть поведінку робота, що працює під управлінням розроблених програм.

Теми проєктів

1. Розумний світлофор (створення прототипу пішохідного переходу).

2. Новорічна гірлянда (відпрацювання алгоритмів зміни мерехтіння світлодіодів).

3. Парктронік (алгоритми автоматизованоо уникнення перешкод).

4. Автомобіль з автономним керуванням (дослідження алготримів керування автономним транспортом).

5. Метеостанція (вимірювання температури, тиску, вологості, дослідження погодних умов).

6. Енергозберігаюча установка (дослідження технологій відновлювальної енергетики).

7. Елементи розумного будинку (створення охоронної системи, системи автоматичного контролю стану оселі).

8. Розумна теплиця (дослідження питання створення мікроклімату, вивчення умов вирощування рослин).

План занять та перелік робіт розташований за адресою www.ksuonline.kspu.edu .

Навчальна дисципліна «Освітня робототехніка»

(дисципліна за вибором)

АНОТАЦІЯ

навчальної дисципліни «Освітня робототехніка»

(дисципліна за вибором)

Мета та завдання навчальної дисципліни. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується підвищенням інтересу до науково-технічних рішень глобальних проблем, таких як екологія навколишнього середовища, допомога при стихіях, збереження різновидів флори і фауни, створення сприятливих умов для людства у позаземних умовах, еко-енергетика тощо. Пошук шляхів для таких рішень пов'язаний з технологіями створення і розвитку штучного інтелекту, обробкою великих даних, нанотехнологіями та біоінженерії, інтернетом речей.

Робототехніка є одним з перспективних напрямів сучасної STEM-освіти. Ефективними засобами фахової підготовки майбутніх учителів в умовах технологізації суспільства є робототехнічні системи. Актуальність використання робототехніки у фаховій підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін обумовлено підтримкою суспільством інновацій в освітній діяльності і пов'язане з рівнем науково-технічних досягнень.

Курс за вибором «Освітня робототехніка» покликаний познайомити майбутніх учителів з принципами створення робототехнічних систем, системами програмування, навчитися створювати роботизовані пристрої на базі освітніх конструкторів, а також програми для керування ними.

Мета курсу: ефективне застосування інноваційних методів навчання майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін засобами робототехніки та їх підготовки до впровадження STEM-технологій

Завдання курсу: сформувані у слухачів достатні знання, вміння та навички, необхідні для ефективного використання робототехнічних пристроїв і технологій програмування у роботі вчителя.

Методичні:

- Познайомити з рамкою цифрових компетентностей та її значенням для формування ключових компетентностей.
- Розкрити значення технологій та їх конверсії у сучасному суспільстві.
- Встановити міжпредметні зв'язки при викладанні дисципліни.
- Показати інтегрованість понять у сучасній науці і можливості застосування отриманих знань у різних сферах діяльності.
- Орієнтувати майбутніх учителів на використання технологій для підтримки проєктних методів навчання.

Пізнавальні:

- Сформувані розуміння:
 - основних принципів створення роботизованих пристроїв;
 - принципів роботи та взаємодії різних електронних компонентів;
 - структури та алгоритмів створення роботизованих пристроїв.
- Створити умови для:

- подальшого вдосконалення наукового пошуку вирішення завдань,
- удосконалення своєї роботи засобами технологій;
- активізації пізнавальної діяльності;
- реалізації проєктної та науково-дослідної діяльності відповідно до сучасного рівня технологій.

Практичні:

- Сформулювати вміння:
 - працювати з датчиками і пристроями робототехнічних систем;
 - вмінні створювати та тестувати базові конструкції освітніх робототехнічних наборів;
 - розробляти програмний код для конструкцій роботів EV3, Mbot, Arduino;
 - модифікувати і розширювати можливості роботизованих пристроїв.
- Забезпечити формування алгоритмічного стилю мислення та вміння реалізації робототехнічних систем.

Створення пристроїв включає проєктування, вивчення компонентів, складання схем, написання програм, діагностику.

Міждисциплінарні зв'язки:

- Природничо-математичні дисципліни (математика, фізика, біологія, хімія).
- Комп'ютерні інформаційні технології.
- Курс може бути базовим для програмування.

Соціально-особистісні, інструментальні та загально-наукові компетентності

Компетентності соціально – особистісні:
- розуміння та сприйняття етичних норм поведінки відносно інших людей і відносно природи (принципи біоетики);
- розуміння необхідності та дотримання норм здорового способу життя;
- здатність учитися;
- здатність до критики й самокритики;
- креативність, здатність до системного мислення;
- адаптивність і комунікабельність;
- наполегливість у досягненні мети;
- турбота про якість виконуваної роботи;
- толерантність;
- екологічна грамотність.
- розуміння необхідності, дотримання правил та виконання вимог охорони праці та виробничої санітарії.
- розуміння необхідності та дотримання правил безпеки життєдіяльності.
Загально-наукові компетентності:
- базові знання фундаментальних розділів математики, в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань, здатність використовувати математичні методи в обраній професії;
- базові знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій; уміння працювати в Internet;
- базові знання фундаментальних наук, в обсязі, необхідному для освоєння загальнопрофесійних дисциплін;
Інструментальні компетентності:
- здатність до письмової й усної комунікації рідною мовою;
- знання іншої мови(мов);
- дослідницькі навички.

- здатність створення технічної документації до програмного проєкту

Професійні компетентності

загально – професійні:

- здатність моделювати різні аспекти системи, для якої створюється програмне забезпечення

- здатність розробляти алгоритми та структури даних для програмних продуктів;

- сучасні уявлення про структуру та архітектуру програмного забезпечення, методи проєктування програмного забезпечення

- базові уявлення про сучасні психологічні принципи людино-машинної взаємодії, засоби розробки людино-машинного інтерфейсу

- володіння основами конструювання програмного забезпечення

- здатність розв'язувати математичні, фізичні та економічні задачі шляхом створення відповідних застосувань

спеціалізовано – професійні:

- здатність застосовувати професійно профільовані знання в галузі загальноосвітніх дисциплін у процесі розв'язання професійних задач, побудови математичних моделей;

- здатність використовувати професійно профільовані знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій;

- використовувати інтернет – ресурси для рішення експериментальних і практичних завдань у галузі професійної діяльності;

- здатність аргументовано переконувати колег у правильності пропонованого рішення, вміти донести до інших свою позицію

- дотримання професійної етики

Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти

- Рамка цифрових компетентностей DigComp
- STEM в роботі вчителя
- Огляд навчальних робототехнічних конструкторів
- Підготовка учнів до участі у конкурсах і олімпіадах
- Майстер-класи та інші форми формальної, неформальної та інформальної освіти.

Тема 2. Методологія проєктування та програмування робототехнічних пристроїв

- Lego MINDSTORMS EV3
- Конструктори Makeblock та прийоми роботи з ними.
- Конструктори Arduino та прийоми роботи з ними.

Змістовий модуль 1. Створення та програмування роботів.

Лекційні модулі:

1. Основи електроніки та роботи з Arduino
 - Термінологія. Принципові схеми. Створення прототипів схем. Аналогова та цифрова електроніка. Мікроконтроллер та пристрої Arduino. Розробка програм в IDE Arduino.
2. Створення прототипів систем контролю. Робота з пристроями Arduino
 - Концепції систем контролю. Елементи систем контролю. Етапи розробки прототипів.
3. Створення розумних пристроїв. Робота з датчиками Arduino

- Проектування системи. Необхідні компоненти.

Змістовий модуль 2. Проектування та програмування робототехнічних пристроїв.

Лабораторні модулі:

1. Lego MINDSTORMS EV3
 - Створення базової моделі. Робота з екраном, знайомство з блоками керування.
 - Робота з моторами. Алгоритми керування моторами.
 - Робота з датчиками. Цифрові вимірювання, проведення експерименту, фіксація та аналіз даних.
2. Makeblock
 - Створення робота базової комплектації.
 - Робота з пристроями. Керування моторами та алгоритми руху.
 - Робота з датчиками, рух по лінії, рух в лабіринті.
 - Змагання роботів: сумо, лабіринт, рух по лінії.
3. Arduino
 - Основи створення електричних схем. Підключення світлодіодів.
 - Робота з пристроями. Цифрові та аналогові пристрої.
 - Робота з датчиками. Цифрові вимірювання.
 - Створення міні проєктів.

Завдання для самостійної роботи

Розробіть моделі робототехнічних пристроїв на основі будь-якого конструктора з використанням необхідних датчиків та програми для керування ними. Дослідіть поведінку робота, що працює під управлінням розроблених програм.

Приклади проєктів:

1. Технологія автопілоту (дізнатись про алгоритми автоматичного уникнення перешкод)
2. Енергозберігаюче життя (отримати загальне уявлення про теплову потужність, процес генерації)
3. Інженерні вимірювання (отримати уявлення про типи цифрових інструментів вимірювання)
4. Розумний світильник (дізнатися про концепцію розумного життя)

План занять та перелік робіт розташований за адресою www.ksuonline.kspu.edu.

Оцінка мотиваційного ставлення

Таблиця Ж.1

Оцінка мотиваційного ставлення за опитувальником «Мотиви вибору професії» (за Р.В. Овчаровою)

Опитувальник містить наступні позиції:

1	Вимагає спілкування з різними людьми
2	Подобається батькам
3	Передбачає високе почуття відповідальності
4	Вимагає переїзду на нове місце проживання
5	Відповідає моїм здібностям
6	Дозволяє обмежитися наявним обладнанням
7	Дає можливість приносити користь людям
8	Сприяє розумовому і фізичному розвитку
9	Є високооплачуваною
10	Дозволяє працювати близько від дому
11	Є престижною
12	Дає можливість для зростання професійної майстерності
13	Єдино можлива в обставинах, що склалися
14	Дозволяє реалізувати здібності до керівної роботи
15	Є привабливою
16	Близька до улюбленого шкільного предмету
17	Дозволяє відразу отримати хороший результат праці для інших
18	Обрана моїми друзями
19	Дозволяє використовувати професійні вміння поза роботою
20	Дає великі можливості проявити творчість

Обробка даних за вказаною методикою:

- Внутрішні індивідуально значущі мотиви (ВІЗМ) – питання 1, 5, 8, 20;
- Внутрішні соціально значущі мотиви (ВСЗМ) – 3, 7, 12, 14, 17;
- Зовнішні позитивні мотиви (ЗПМ) – 4, 9, 10, 16, 19;
- Зовнішні негативні мотиви (ЗНМ) – 2, 6, 11, 13, 18.

ВІЗМ та ВСЗМ виникають з потреб самої людини, це особиста значимість без зовнішнього тиску. Зовнішня мотивація – це заробіток, прагнення до престижу, боязнь осуду, невдачі тощо. До ЗПМ належать матеріальне забезпечення, кар'єрне просування, престиж та інші фактори, заради яких людина докладає зусиль. До ЗНМ відносяться осуд, покарання, критика та інші санкції негативного характеру.

Опитувальник про відчуття задоволеності вибраною спеціальністю навчання у ЗВО

Опитувальник містив п'ять запитань, на кожне з яких відповідь оцінювалась за шестибальною шкалою від 0 (мінімальний бал) до 5 (максимальний бал). Питання були наступними:

На вашу думку:

- Наскільки ваші здібності дозволять вам бути успішними в даній спеціальності?
- Наскільки дана спеціальність являє для вас інтерес?
- Наскільки ваші рідні або важливі для вас люди вважають, що дана спеціальність підходить для вас?
- Наскільки велике у вас бажання опанувати даною спеціальністю?
- Наскільки, на вашу думку, дана спеціальність потрібна для суспільства?

Отримані бали з п'яти питань підсумовувались для кожного респондента, отже, загальний бал був у межах (0; 25). Для 100 опитуваних загальні бали містяться у наступній таблиці.

Таблиця Ж.2

Показники опитування щодо задоволення обраною спеціальністю

№ п/п	сумарна кількість балів	№ п/п	сумарна кількість балів	№ п/п	сумарна кількість балів	№ п/п	сумарна кількість балів
1	22	26	19	51	24	76	22
2	16	27	17	52	19	77	25
3	18	28	23	53	20	78	21
4	20	29	25	54	25	79	15
5	17	30	20	55	25	80	14
6	25	31	18	56	24	81	20
7	23	32	19	57	18	82	17
8	22	33	20	58	25	83	15
9	19	34	22	59	18	84	18
10	22	35	19	60	25	85	21
11	24	36	25	61	21	86	24
12	18	37	19	62	18	87	25
13	22	38	22	63	21	88	20
14	15	39	17	64	24	89	18
15	23	40	18	65	18	90	19
16	18	41	24	66	20	91	14
17	18	42	23	67	19	92	15
18	25	43	16	68	24	93	25
19	25	44	22	69	20	94	17
20	17	45	21	70	17	95	24
21	22	46	15	71	21	96	20
22	24	47	19	72	17	97	18
23	17	48	18	73	20	98	19
24	18	49	25	74	25	99	24
25	22	50	22	75	24	100	25

Анкета опитування визначення мотивації до роботи вчителем

I. Академічної поінформованості (або досвід)

1. Якого освітнього рівня я хочу досягти на момент закінчення навчання в університеті?
 - a) Бакалавр
 - b) Магістр
 2. Який рівень навчальних досягнень для мене є бажаним?
 - a) Мати вищий рівень академічної успішності, приймати активну участь у науково-дослідній діяльності;
 - b) Вчитися на високому академічному рівні;
 - c) Вчитися на рівні достатньому для продовження навчання;
-
3. Чого я хочу досягти в університеті?
 - a) Академічних успіхів;
 - b) Отримати знання, уміння та навички, необхідні для подальшої професійної діяльності;
 - c) Займатися науково-дослідною діяльністю;
 - d)
 - e) Знання предметів та методики їх викладання;
 - f) Знання психофізіологічних особливостей розвитку дитини;
 - g) Знання етапів формування соціальних відносин в групі та вміння бути неформальним лідером;
 - h) Володіння педагогічною технікою (вміння відповідно одягатися, правильно говорити, адекватно реагувати у різних педагогічних ситуаціях);
 - i) Володіння інноваційними методиками та технологіями навчання;
 - j) свій варіант
 5. Якими навичками / знаннями у галузі ІКТ, які допоможуть мені бути успішним учителем, я володію? *Оцінити за шкалою від 0 (не володію) до 5 (володію на високому рівні).*
 - a) Володіння офісним пакетом програм для підтримки традиційної системи навчання та створення дидактичних матеріалів;
 - b) Володіння технологіями Веб 2.0 (блоги, вікі, форуми та ін.) для організації навчально-виховного процесу;
 - c) Навички підвищення професійного рівня засобами дистанційної освіти та онлайн-конференцій;
 - d) Навички пошуку в Інтернеті та володіння засобами комунікації;
 - e) Навички роботи з цифровими засобами (електронна дошка, відеокамера, мобільного телефону, проектору, DVD-програвач та ін.)
 - f) Знання з алгоритмізації та програмування
 - g) свій варіант
 6. Які навички / знання у галузі ІКТ мені необхідні, щоб бути успішним учителем початкової освіти?

 7. Який відсоток знань я засвоїв? *Сума повинна дорівнювати 100%.*

Засвоєнні знання - ____%

Незасвоєнні знання - ____%
 8. Що ще мені необхідно зробити, щоб вчитися більш ефективно?

..

II. Особистісні поінформованості (або досвід)

1. Які особистісні якості я вважаю найважливішими для вчителя?

Напишіть не менше 3 якостей.

2. Які мої особистісні якості допомагатимуть мені у майбутній роботі учителем? *Напишіть не менше 3 якостей.*

3. Які мої особистісні якості заважатимуть мені бути гарним учителем?

Напишіть не менше 3 якостей.

4. Які особистісні якості, необхідні для роботи учителем початкової освіти, я хотів би у собі розвинути?

5. Яким чином я це можу зробити?

6. До якої категорії я належу?

- a) Я активно підтримую введення інновацій у навчальний процес, намагаюсь засвоїти нові методики і активно їх використовую уже у студентській практиці, хочу розвивати і впроваджувати у навчання дітей.
- b) Я підтримую введення інновації, при нагоді застосовую нові методики або їх елементи.
- c) Використання інноваційних методик не завжди виправдано, це данина моді.

III. Поінформованості щодо розвитку кар'єри (або досвід)

9. Як я можу зрозуміти, що я дійсно хочу бути учителем?

10. Що мене приваблює у майбутній професійній діяльності? *(виберіть одну відповідь)*

- a) Можливість впливати на майбутнє покоління;
- b) Можливість організувати, керувати діяльністю дітей;
- c) Можливість спілкуватися, спостерігати та співпереживати подив від нових відкриттів і захоплення разом з учнями щоразу;
- d) Можливість піклуватися і захищати дітей;
- e) Відчувати себе носієм знань, бути у центрі дитячої уваги;
- f) Бути яскравою творчою особистістю, відкритою до спілкування з дітьми;
- g) свій варіант

11. Що мені необхідно робити, щоб бути успішним учителем?

12. Які з навчальних курсів (вивчених за навчальним планом або за вибором, можливих) допоможуть мені бути конкурентоспроможним професіоналом? *Оцінити за шкалою від 0 (не важливо) до 5 (дуже важливо).*

- a) Цикл дисциплін з методик навчання;
- b) Цикл дисциплін з психології та фізіології;
- c) Цикл дисциплін з педагогічної майстерності;
- d) Цикл дисциплін з інноваційних технологій навчання;
- e) Блок загальних дисциплін (Історія України, Основи економіки, Політологія, Філософія, Іноземна мова та ін.);
- f) свій варіант

13. Які форми розвитку навичок та отримання нових знань необхідних для подальшої професійної діяльності є найзручнішими для мене?

- a) Індивідуальні заняття з репетитором;
- b) Заняття в групі у рамках спеціального курсу;

- c) За допомогою дистанційного курсу;
- d) Самостійно і незалежно;
- e) В рамках навчальної дисципліни в університеті;
- f) У процесі науково-дослідної роботи;
- g) свій варіант

Авторські опитувальники

Таблиця И.1

Анкета вхідного опитування

Авторський опитувальник (I), рівня сформованості
пізнавального, діяльнісного та показників

Назва навчального закладу, який Ви представляєте *

Ваша стаття *

- жінка
- чоловік

Основний напрям в якому Ви працюєте *

- Математика
- Фізика
- Інформаційні технології/програмування
- Інше:

Які форми навчання у Вас в університеті? *

Ніколи, Рідко, Часто, Завжди

- Лекції
- Семінари
- Лабораторні/практикуми
- Майстер-класи
- Кейс-уроки
- Змагання/конкурси
- Конференції
- Екскурсії
- Фестивали

Що вплинуло на Ваш вибір спеціальності?

- Поради сім'ї, рідних
- Поради друзів
- Поради спеціалістів
- Інформація в ЗМІ, інтернеті
- Особисті схильності та здібності
- Попит на фахівців такого напрямку на ринку праці
- Висока оплата праці в обраній професії
- Престижність майбутньої професії
- Випадковий вибір
- Інше:

Оцініть значимість використання комп'ютерних технологій у Вашій професії

не потрібні 0 1 2 3 4
5 дуже потрібні

Чи плануєте ви продовжувати навчання в магістратурі?

- Так
- Ні

Оцініть навички, які будуть потрібні Вам у професійній діяльності

0 не важливо 1 2 3 4
5 дуже важливо

- Навчання впродовж життя
- Вміння працювати в команді
- Вміння оперувати інформацією
- Знання іноземних мов
- Розпізнавання/керування емоціями
- Використання технологій в професійній діяльності
- Прийняття рішень
- Поєднання діяльності в кількох галузях

Який Ваш рівень обізнаності у питанні інтегрованого навчання?*

- Вперше чую
- Нам розказували на парах
- Читаю публікації з цієї теми
- Деякі наші заняття проходять інтегровано
- Пробую проводити такі заняття з учнями

• Інше:

Поєднання яких напрямів, на Вашу думку, є найкращими до застосування інтегрованого навчання? *

- Природознавство
- Фізика
- Хімія
- Математика
- Інформатика

- Праця/Технології
- Економіка
- Соціальна та здоров'язберезувальна галузь
- Інше:

Які види роботи з дітьми Ви плануєте/проводите в своїй професійній діяльності (як вчитель-предметник)?

- Начитка теоретичного матеріалу
- Розв'язання задач, прикладів
- Проведення опитування
- Проведення самостійних і контрольних робіт
- Проведення експериментів
- Проведення наукових досліджень
- Екскурсії на виробництво
- Робота над проектами
- Інше:

Які з тверджень про інтегроване навчання ви підтримуєте? *

- Спосіб завантажити вчителя.
- Спосіб зацікавити учнів наукою
- Спосіб бути успішним в багатьох галузях
- Спосіб побороти дефіцит вчителів-предметників
- Можливість створення інновацій
- Інше:

Чи приймали ви участь у проведенні інтегрованих занять?

- Так, як учасник
- Так, як організатор
- Ні

Що, на Вашу думку, представляє собою інтегроване навчання?

- Навчання з підвищеним рівнем складності
- Навчання для якого потрібно багато готуватись
- Навчання, яке показує взаємозв'язок різних наукових теорій
- Навчання засноване на практичних завданнях
- Навчання за новими технологіями

Як Ви вважаєте, які властивості притаманні інтегрованому навчанню, найкраще його описують? * Оберіть не більше чотирьох

- Зв'язок з реальністю, індивідуальним досвідом

- Дослідна діяльність, експеримент
- Робота в команді
- Імпровізація, можливість вибору
- Диференціація навчання
- Важливий процес (розвиток)
- Важливий результат (знання)
- Науково-пошукова діяльність
- Принцип політехнізму
- Міждисциплінарність, інтегрованість
- Індивідуальний темп
- Інше:

Чи є у Вас в університеті заняття з інформаційних технологій? *

- Так, в програмі курсу
- Так, в додатковий час після занять (факультативно)
- Так, у якості курсових та дипломних проєктів
- Ні
- Інше:

Оцініть наявність ресурсів для навчання інформаційним технологіям у Вашому закладі *

0 Немає 1 Частково 2 Є в наявності Не знаю

- Лекційні та практичні(лаб.) матеріали
- Організаційна підтримка (викладачів, адміністрації)
- Комп'ютерне обладнання
- Програмне забезпечення
- Вільний доступ до техніки
- Інтернет

В яких заходах Ви хотіли б брати участь/ берете участь? *

1 Ні, не цікаво 2 Ні, але цікаво 3 Беру участь

- Інтегровані заняття (міждисциплінарні)
- Фестивалі/змагання/конкурси/олімпіади
- Виставки/Екскурсії
- Конференції/майстер-класи

Що потрібно для впровадження інформаційних технологій у Вашому закладі?

Оберіть назву теми, з якої Вам було б цікаво зробити інтегроване заняття з застосуванням інформаційних технологій

- Зелена енергетика
- Нафтопродукти, очищення водою
- Проблема відходів
- Доставка/Транспорт майбутнього
- Охорона та безпека
- Нанотехнології
- Інше:

Які дисципліни може охоплювати ця тема?

- Математика
- Фізика
- Інформатика
- Біологія
- Хімія
- Технології
- Екологія
- Економіка
- Суспільні науки
- Мова та література (українська, іноземні)
- Інше:

Наука

Ваша думка про науку і наукову діяльність

Оцініть кожне з тверджень *

Так Ні

- Наука є такою великою частиною нашого життя, що всі ми повинні зацікавитися
- Важливо знати про науку в моєму повсякденному житті
- Хочу більше чути про науку
- Дуже мало інформації про науку
- Наука є такою великою частиною нашого життя, що всі ми повинні зацікавитися
- Важливо знати про науку в моєму повсякденному житті
- Хочу більше чути про науку
- Дуже мало інформації про науку

Чи згодні ви з твердженням: переваги науки більші за будь-який шкідливий ефект *

Ні 0 1 2 3 4 5 Так

Чи згодні ви з твердженням: в цілому, наука зробить наше життя легшим *

Ні 0 1 2 3 4 5 Так

Що ви думаєте з приводу наступних наукових напрямів? *

(Користі більше ніж шкоди

Шкоди більше ніж користі)

- Вакцинація людей від хвороб
- Відновлювальна енергія
- Клінічні випробування
- Використання тварин у дослідженнях
- Атомна енергетика
- Дослідження
- Нанотехнології
- Синтетична біологія
- Генно-модифіковані рослини (ГМО)

Звідки Ви отримуєте наукову інформацію? *

Наскільки ви поінформовані про науку, наукові дослідження та розробки?

Зовсім не поінформовані 0 1 2 3 4 5

Дуже добре поінформовані

Які науки актуальні для сучасного покоління? *

- Математика
- Фізика
- Хімія та біоінженерія
- Природничі науки (біологія, географія)
- ІТ-технології
- Психологія, соціальні науки
- Журналістика
- Економіка
- Інше:

Технології

Опишіть Вашу обізнаність в технологіях

З якими твердженнями Ви згодні? *

Так Ні

- Технології змінюють світ
- Технології важливі в кожній професії
- У навчанні важливо використовувати цифрові технології
- Цифрові технології є частиною сучасної культури

Чи згодні ви з твердженням: технології дають більше користі ніж шкідливого ефекту? *

Повністю не згодні 0 1 2 3 4 5 Повністю згодні

Чи згодні ви з твердженням: в цілому, технології роблять наше життя легшим *

Повністю не згодні 0 1 2 3 4 5 Повністю згодні

Що Ви відносите до технологій?

Оберіть кілька понять *

- Машинобудування
- Металургія
- Біотехнології/Хімічні технології
- Інформаційні технології
- Мікро технології
- Нанотехнології
- Телекомунікаційні технології

Які з пунктів Ви віднесете до інформаційних технологій? *

- Мікроелектроніка
- Обчислювальна техніка
- Робототехніка
- Комп'ютерна техніка
- Видавнича справа
- Бухгалтерський облік

- Засоби масової інформації

- Інше:

Оберіть твердження, яке описує Ваше відношення до технологій *

- Стежу за технологічними новинками. Як правило намагаюсь отримати до них доступ ще до широкої їх появи
- Моє рішення щодо покупки буде базуватися на усвідомленні ступеня відповідності між перевагами нової технології та моїми інтересами
- Для мене важливим фактором є практичне значення нової технології
- Я чекаю, поки продукт не стане загально визнаним стандартом
- Не стежу за технологічними новинками і набуваю, якщо ця технологія впроваджена у будь-який товар, але можу не користуватись нею

Ваші пропозиції, коментарі, зауваження

Таблиця II.2

Авторський опитувальник (II), рівня сформованості пізнавальної та діяльнісної компетент

Назва навчального закладу, який Ви представляєте *

Ваша стаття *

- жінка
- чоловік

Основний напрям в якому Ви працюєте *

- Математика
- Фізика
- Інформаційні технології/програмування

• Інше:

Які форми навчання у Вас в університеті? *

Ніколи, Рідко, Часто, Завжди

- Лекції
- Семінари
- Лабораторні/практикуми
- Майстер-класи
- Кейс-уроки
- Змагання/конкурси
- Конференції

- Екскурсії

- Фестивалі

Який Ваш рівень обізнаності у питаннях STEM-освіти? *

- Вперше чую 0 1 2 3 4 5 Я активно використовую STEM-технології

Оберіть ступінь згоди з твердженнями про STEM-освіту *

0 Повністю не погоджуюсь 1 2 3 4 5 Повністю погоджуюсь

- Модний напрямок
- Нове - це добре забуте старе
- Спосіб зацікавити учнів науковою діяльністю
- Спосіб правильно обрати майбутній вид діяльності
- Спосіб побороти дефіцит спеціалістів, обізнаних у науковій сфері
- Можливість брати участь у інноваціях
- Модний напрямок
- Нове - це добре забуте старе

- Спосіб зацікавити учнів науковою діяльністю
- Спосіб правильно обрати майбутній вид діяльності
- Спосіб побороти дефіцит спеціалістів, обізнаних у науковій сфері
- Можливість брати участь у інноваціях

Поєднання яких напрямів, на Вашу думку, є найкращими до застосування STEM? *

- Природознавство
- Фізика
- Хімія
- Математика
- Інформатика
- Технології
- Економіка
- Соціальна та здоров'язберезувальна галузь
- Інше:

Як Ви вважаєте, які властивості притаманні STEM-освіті, найкраще її описують? *

Оберіть не більше чотирьох

- Зв'язок з реальністю, індивідуальним досвідом
- Дослідна діяльність, експеримент
- Робота в команді
- Імпровізація, можливість вибору
- Диференціація навчання
- Важливий процес (розвиток)
- Важливий результат (знання)
- Науково-пошукова діяльність
- Принцип політехнізму
- Міждисциплінарність, інтегрованість
- Індивідуальний темп
- Інше:

Які з представлених форм навчання є для Вас більш привабливими? *

1 Найменш привабливі 2 3 Найбільш привабливі

- Інтегровані заняття
- Фестивалі
- Змагання
- Виставки
- Інтегровані заняття
- Фестивалі
- Змагання
- Виставки

Наука

Ваша думка про науку і наукову діяльність

Оцініть кожне з тверджень *

Так Ні

- Наука є такою великою частиною нашого життя, що всі ми повинні зацікавитися
- Важливо знати про науку в моєму повсякденному житті
- Хочу більше чути про науку
- Дуже мало інформації про науку
- Наука є такою великою частиною нашого життя, що всі ми повинні зацікавитися

Чи згодні ви з твердженням: переваги науки більші за будь-який шкідливий ефект *

Ні 0 1 2 3 4 5 Так

- Важливо знати про науку в моєму повсякденному житті
- Хочу більше чути про науку
- Дуже мало інформації про науку

Чи згодні ви з твердженням: в цілому, наука зробить наше життя легшим *

Ні 0 1 2 3 4 5 Так

Що ви думаєте з приводу наступних наукових напрямів? *

Що ви думаєте з приводу наступних наукових напрямів? *

- Користі більше ніж шкоди
- Шкоди більше ніж користі
- Вакцинація людей від хвороб
- Відновлювальна енергія
- Клінічні випробування
- Використання тварин у дослідженнях
- Атомна енергетика
- Дослідження STEM
- Нанотехнології
- Синтетична біологія
- Генно-модифіковані рослини (ГМО)
- Вакцинація людей від хвороб
- Відновлювальна енергія
- Клінічні випробування
- Використання тварин у дослідженнях
- Атомна енергетика
- Дослідження STEM
- Нанотехнології
- Синтетична біологія
- Генно-модифіковані рослини (ГМО)

Звідки Ви отримуєте наукову інформацію? *

Наскільки ви поінформовані про науку, наукові дослідження та розробки?

Зовсім не поінформовані 0 1 2 3 4 5

Дуже добре поінформовані

Які науки актуальні для сучасного покоління? *

- Математика
- Фізика
- Хімія та біоінженерія
- Природничі науки (біологія, географія)
- IT-технології
- Психологія, соціальні науки
- Журналістика
- Економіка
- Інше:

Технології

Опишіть Вашу обізнаність в технологіях

З якими твердженнями Ви згодні? *

Так Ні

- Технології змінюють світ
- Технології важливі в кожній професії
- У навчанні важливо використовувати цифрові технології
- Цифрові технології є частиною сучасної культури
- Технології змінюють світ
- Технології важливі в кожній професії
- У навчанні важливо використовувати цифрові технології
- Цифрові технології є частиною сучасної культури

Чи згодні ви з твердженням: технології дають більше користі ніж шкідливого ефекту? *

Повністю не згодні 0 1 2 3 4 5 Повністю згодні

Чи згодні ви з твердженням: в цілому, технології роблять наше життя легшим? *

Повністю не згодні 0 1 2 3 4 5 Повністю згодні

Що Ви відносите до технологій?

Оберіть кілька понять? *

- Машинобудування
- Металургія
- Біотехнології/Хімічні технології
- Інформаційні технології

- Мікро технології
- Нанотехнології
- Телекомунікаційні технології

Які з пунктів Ви віднесете до інформаційних технологій? *

- Мікроелектроніка
- Обчислювальна техніка
- Робототехніка
- Комп'ютерна техніка
- Видавнича справа
- Бухгалтерський облік
- Засоби масової інформації
- Інше:

Оберіть твердження, яке описує Ваше відношення до технологій? *

- Стежу за технологічними новинками. Як правило намагаюсь отримати до них доступ ще до широкої їх появи
- Моє рішення щодо покупки буде базуватися на усвідомленні ступеня відповідності між перевагами нової технології та моїми інтересами
- Для мене важливим фактором є практичне значення нової технології
- Я чекаю, поки продукт не стане загальноновизнаним стандартом
- Не стежу за технологічними новинками і набуваю, якщо ця технологія впроваджена у будь-який товар, але можу не користуватись нею

Діяльність

Опишіть свою активність

Чи берете Ви участь у проєктах?

Ні 0 1 2 3 Так

Чи брали Ви участь у інтегрованих проєктах з різних дисциплін? *

Ні 0 1 2 3 Так

Які дисципліни охоплювали ці заняття?

Чи є у Вас досвід застосування STEM в своїй діяльності? *

Ні 0 1 2 3 Так

Учасником/організатором яких заходів Ви є? *

Проводжу Беру участь Ні

- Інтегровані заняття
- Фестивалі/змагання/конкурси/олімпіади
- Виставки/екскурсії
- Конференції/майстер-класи

- Інше

Напишіть назви цих заходів

Які типи занять Ви готові проводити?

Ніколи Рідко Часто Завжди

- Лекції
- Семінари
- Лабораторні/практикуми
- Майстер-класи
- Кейс-уроки
- Змагання/конкурси
- Конференції
- Експерсії
- Фестивали

Забезпечення

Чи проводяться у Вашому навчальному закладі заняття з робототехніки? *

- Так, в програмі курсу
- Так, в додатковий час після занять (факультативно)

- Так, у якості курсових, дипломних проєктів (або МАН)

- Ні

- Інше:

Оцініть наявність ресурсів для STEM у Вашому закладі *

0 Немає 1 Частково 2 Є в наявності Не знаю

- Методичне забезпечення
- Організаційна підтримка (викладачів, адміністрації)
- Комп'ютерне обладнання
- Робототехнічні конструктори
- Програмне забезпечення
- Вільний доступ до техніки, конструкторів
- Інтернет

Що потрібно для впровадження STEM у Вашому закладі?

Ваші пропозиції, коментарі, зауваження

Таблиця И.3

Методика С.А. Лачинса «Гнучкість мислення»

Мета: виявити індивідуальні особливості прояву ригідності (інертності) і рухливості мислення (пластичності).

Обладнання: папір, ручка, секундомір.

Інструкція. Пропонується написати фразу «У полі вже розтав сніг» чотирма різними способами.

Спосіб 1. Після команди «Почали!» фразу потрібно написати стільки разів, скільки встигнете до команди «Стоп!».

Спосіб 2. Після команди «Почали!» фразу потрібно написати друкованими літерами стільки разів, скільки встигнете до команди «Стоп!».

Спосіб 3. Після команди «Почали!» фразу потрібно написати стільки разів, скільки встигнете до команди «Стоп!». При цьому перша і решта непарних літер повинні бути письмовими і великими, а друга й решта парних – друкованими і маленькими літерами.

Спосіб 4. Після команди «Почали!» фразу потрібно написати своїм звичним почерком, повторюючи кожну літеру двічі, стільки разів, скільки встигнете до команди «Стоп!».

Обробка даних за вказаною методикою:

1. Підраховується кількість написаних літер у кожному завданні M_1, M_2, M_3, M_4 .
2. Обчислюється середнє значення для трьох останніх завдань:

$$M_{\text{середнє}} = \frac{M_2 + M_3 + M_4}{3}.$$

3. Визначається коефіцієнт креативної гнучкості:

$$K_{\text{гнучкості}} = \frac{M_{\text{середнє}}}{M_1}.$$

Якщо коефіцієнт гнучкості $K_{\text{гнучкості}}$ знаходиться в межах (0,5; 1), то респондент має пластичне мислення, швидко й легко переходить від одного виду діяльності до іншого, оперативно реагує на зміну вхідної інформації або ситуації, здатний приймати адекватні рішення. У протилежному випадку, коли $K_{\text{гнучкості}} < 0,5$,

говорять про ригідність мислення, тобто про низький рівень креативної гнучкості мислення. У цьому випадку респондент не здатний швидко і адекватно реагувати на зміни ситуації, відчуває труднощі у зміні суб'єктивної програми діяльності.

Методика за С.А. Лачинсом

Мета: Виявити індивідуальні особливості прояву ригідності (тобто інертності) і рухливості мислення (пластичності, лабільності).

Обладнання: бланк с десятьма завданнями (зразок див. нижче), ручка

Інструкція. Експериментатор видає респонденту бланк і повідомляє інструкцію: «На Вашому бланку є десять задач, для розв'язання яких Вам необхідно намалювати схеми підключень пристроїв та датчиків. Прямо на бланку малюйте схеми для розв'язання кожної задачі. Розв'язуйте задачі послідовно от 1-ої до 10-ої. Послідовність розв'язання задач змінювати неможна. Якщо ви не можете розв'язати якусь задачу, пропустіть її та розв'язуйте наступну. Час розв'язання не обмежений.

БЛАНК ЗАВДАНЬ

- № 1. Намалювати схему підключення світлодіода до блока живлення
- № 2. Намалювати схему підключення світлодіода до плати.
- № 3. Намалювати схему підключення серводвигуна до плати.
- № 4. Намалювати схему підключення ультразвукового датчика до плати.
- № 5. Намалювати схему підключення датчика температури до плати.
- № 6. Намалювати схему пристрою для автоматичного відкриття шлагбаума
- № 7. Намалювати схему пристрою для оповіщення сигналу тривоги.
- № 8. Намалювати схему пристрою тривожної кнопки в банку.
- № 9. Намалювати схему підключення датчика температури до плати.
- № 10. Намалювати схему пристрою для контролю температури

Обробка даних за вказаною методикою:

1. Експериментатор перевіряє правильність і раціональність розв'язання респондента. Перші п'ять задач мають простий розв'язок. Їхнім розв'язком є елементарні схеми підключення пристроїв. Задачі № 6–8 і 10 не пов'язані зі стандартними схемами, а вимагають їх комбінації: складний (на три або більше пристроїв/датчиків) і простий (на два або один пристрій/датчик). Задача № 9 може бути розв'язана лише одним способом.

2. Варто звернути особливу увагу на раціональний розв'язок задач № 6–10. Якщо більшість цих задач респондент розв'язав нераціональним способом під впливом стереотипу, що виробився при розв'язанні задач № 1–5, то, отже, у нього проявляється ригідність мислення. Про це ж свідчить відсутність розв'язання задачі № 9. Про високу пластичність, рухливість мислення свідчать обернені результати, а саме: використання раціональних прийомів при розв'язуванні задач № 6–10.

Висновок: вказати особливість мислення респондента, яка проявилась у даному експерименті: ригідність або пластичність (рухомість).

Анкета «Цифрова компетентність: чи ми готові жити у цифровому світі?»

АНКЕТА

«Цифрова компетентність: чи ми готові жити у цифровому світі?»

(О.Г.Кузьминська та ін. [406]) URL: <https://goo.gl/forms/h90Co24yF6vmU0JF2>

Шановні колеги! В рамках дослідження сформованості цифрової компетентності викладачів і студентів вишів України просимо вас відповісти на запитання анкети. Основою для формування запитань є рекомендації з вимірювання цифрової компетентності, що належить до оновлених ключових компетентностей для навчання впродовж життя. Результати опитування будуть використані анонімно та суто в узагальненому вигляді. Ваші відповіді сприятимуть підвищенню ефективності навчального процесу.

Кейс: Вам потрібно підготувати коротку наукову доповідь на задану тему і представити її в цифровому форматі

На кожному етапі виконання завдання (наведені нижче приклади дають лише фрагментарне уявлення про етапи підготовки доповіді, оскільки це не є предметом даного дослідження) Ви використовуєте різні електронні засоби і інструменти, а також спілкуєтеся з різними людьми. В кожному з наведених прикладів визначте, наскільки впевнено Ви це можете зробити.

Свої вміння оцініть за 4 бальною шкалою

1. Я не певен, що зможу самостійно виконати завдання - мені потрібна допомога
2. Я можу виконати завдання самостійно, в тому числі виправляти проблеми, що виникають у процесі виконання
3. Я можу надати допомогу іншим у процесі виконання завдання (консультувати, допомагати долати труднощі)
4. Я можу створити цифровий ресурс (блог, сторінку у соціальних мережах, вікі тощо), де розмістити корисні ресурси, рекомендації, інструкції для виконання роботи і організувати допомогу (провести вебінар, модерувати форум тощо)

Питання

Робота з даними

- Для підготовки наукової доповіді на задану тему я можу визначити ключові слова, організувати стратегію пошуку, використовуючи різні інформаційні джерела, та відібрати потрібні дані *

- Я можу знайти релевантні пошуковому запиту інформаційні джерела, визначити їх надійність, достовірність поданої інформації (наукові публікації, аналітичні звіти, статистичні дані, коментарі тощо), а також оцінити з позиції використання для написання наукової доповіді *

- Я можу зберегти і структурувати посилання на корисні для підготовки доповіді ресурси (статті, сайти, блоги тощо) та управляти ними, наприклад, надати доступ для перегляду моїм колегам *

Комунікації

- Я можу вибрати засіб для спілкування, синхронізувати дані (наприклад, встановити потрібний додаток на смартфоні) та організувати групову взаємодію *

- Я можу використовувати електронну пошту та хмарні сервіси, щоб поділитися матеріалами з іншими членами моєї групи, а також вирішити будь-яку проблему, яка може виникнути при збереженні або обміні матеріалами з іншими членами групи *

- Я можу запропонувати та використовувати різні цифрові інструменти для інформування громадськості щодо проблем, що стосуються теми дослідження, одержання консультацій чи експертних оцінок (в тому числі міжнародних), наприклад, з питань дотримання авторського права на е-контент, для збору пропозицій за темою групової роботи *

- Я можу використовувати цифрові інструменти та організувати спільну діяльність, наприклад, зі створення плану підготовки та проведення наукової конференції чи підготовки спільної презентації. Я також можу подолати несподівані ситуації, що виникають при спільному використанні даних, наприклад, не оновлюються зміни, внесені членами групи *

- Я знаю і дотримуюсь правил нетикету (від англ. network та etiquette), а також можу вирішувати проблеми етикету, які виникають у моїх колег при використанні цифрової спільної платформи для групової роботи (наприклад, однокорупники, що критикують один одного) *

- Я можу управляти обліковими записами електронної пошти, створювати акаунти на різних ресурсах для отримання необхідної для мене інформації і знайомства з науковою спільнотою *

Створення цифрового контенту

- Я можу підібрати інструменти та створити анімовану цифрову презентацію як супровід власної наукової доповіді. Я також можу зберегти презентацію в різних форматах та продемонструвати моїм друзям *

- Я знаю і дотримуюсь авторських прав при використанні цифрового контенту, наприклад, при доборі цифрових зображень, відео та звукового супроводу для презентації. Також я можу порекомендувати ресурси для ознайомлення із ліцензіями чи матеріалами, доступними для безкоштовного використання *

- Я можу розробити простий додаток для смартфонів чи сайт-візитку, за допомогою якого я можу представити матеріали власних досліджень своїм друзям і колегам. Я також можу виправити помилки у моєму коді чи внести зміни до готових шаблонів, наприклад, при створенні сайта чи електронного документа *

- Інформаційна безпека

- Я можу виявити ризики та загрози при доступі до персонального пристрою (ноутбук, планшет, смартфон) чи цифрової платформи навчального закладу та захистити інформацію, дані та вміст. Також я можу застосовувати технології для усунення загроз*

- Я можу вибрати оптимальний спосіб захисту своїх персональних даних, наприклад, при спільній роботі на цифровій платформі. Я також можу оцінити контент і персональні дані авторства перед розміщенням на платформі відповідно до Політики конфіденційності *

- Я усвідомлюю ризики, пов'язані з використанням мобільних пристроїв, Інтернету й останніх досягнень цифрових технологій. Я можу пояснити, як не нанести шкоди при використанні цифрових пристроїв вдома чи на роботі. Знаю про утилізацію техніки. Також розумію загрози, які пов'язані з використанням соціальних мереж, забороненого програмного забезпечення тощо *

Технічні проблеми

- Я можу підібрати потрібний мені інформаційний ресурс (додаток, програмний інструментарій тощо), інстальювати його та налаштувати інтерфейси. У разі потреби можу визначити технічну проблему при використанні цифрових інструментів і технологій та усунути її *

Аналіз даних та навчання

- Я розумію потребу візуалізації і аналізу даних, одержаних в результаті проведення досліджень. Я можу використовувати онлайн інструменти для аналізу та візуалізації даних. У разі потреби я одержую допомогу шляхом приєднання до професійних спільнот, форумів чи навчання у МООС *

- Я можу оцінити рівень власної цифрової компетентності, визначати нові пристрої та технології і підібрати ресурси, в тому числі МООС для задоволення освітніх і наукових потреб. Також я можу пояснити причини, що спонукають до підвищення рівня власних цифрових навичок та навести приклади ресурсів, які я використовую*

Інструменти

Які інструменти є у вашому активі? Можна вказати декілька варіантів. Ви також можете вказати інструменти, які можна використовувати, навіть якщо ви не користуєтесь ними щодня

Для пошуку інформації я частіше використовую *

- Google
- Chrome
- Google Scholar
- Ukr.net
- ScienceDirect
- Google Maps
- Інші

Для оцінювання валідності інформації я найчастіше використовую *

- Матеріали Wikipedia
- Інституційні репозитарії
- Google Drive
- Матеріали з персональних блогів
- Матеріали з офіційних сайтів установ чи компаній
- Chrome
- Системи анти плагіат
- Інші ресурси

Для структурування інформації (зокрема, посилань на корисні ресурси) я найчастіше використовую *

- Chrome
- Symbaloo
- MS Word
- E-mail
- Google Keep
- Google Drive
- Mendeley
- Інші професійні інструментарії

Для організації взаємодії і спілкування я найчастіше використовую *

- E-mail
- Facebook Messenger
- WhatsApp
- Viber
- G+
- Chromecast
- Skype
- Інші ресурси

Для того, щоб поділитися ресурсами достатньо великого обсягу, я найчастіше використовую *

- E-mail
- Dropbox
- Google Drive
- OneDrive
- SkyDrive
- Depositfiles
- RapidShare
- Інші ресурси

Для інформування громадськості я найчастіше використовую *

- Twitter
- Facebook
- G+
- Блог на своєму сайті
- Форум, чат
- Спільний документ
- Telegram
- Інші ресурси

Для організації спільної роботи я найчастіше використовую *

- Google Документи
- MS Office 365
- Padlet
- Skype
- Інструменти Mind Map
- Форум, чат
- Dropbox
- Інші ресурси

Я найчастіше вирішую питання етикету наступним чином *

- Якщо я створю групу, то оберу модератора, який буде відповідати за правила спілкування у групі

- Не буду відповідати на звернення учасників групи, якщо вони мені не подобаються, бо це віртуальне середовище і я можу не спілкуватися з тими, хто мені не подобається

- В процесі дискусії буду підтримувати не особисті звернення, а коментувати лише конкретні питання, які виникли в процесі обговорення

- Якщо учасники групи будуть порушувати правила неоднаразово, то буду їх виключати з обговорення з оголошенням причин для всіх учасників

- Буду співрозмовнику нагадувати, якщо він не зміг одразу відповісти на запитання

- Буду одразу відповідати на запитання, якщо є можливість

- На запитання буду давати максимально розгорнуті відповіді

- Не вважаю необхідним дотримуватися жорстких правил етикету - це ж віртуальне середовище

Для спілкування та ідентифікації у науковій спільноті я найчастіше використовую *

- Google Scholar
- Сайт інституції, де я працюю
- ORCID
- Researcher ID
- ResearchGate
- iGroup
- LinkedIn
- Інші ресурси

Для створення цифрових презентацій я найчастіше використовую *

- MS Power Point
- MS Word
- Prezi
- Sway
- Keynote
- Google Презентації
- Visio
- Інші ресурси

Я дотримуюсь авторських прав наступним чином *

- Використовую лише дані, які ліцензовані як Creative Commons
- Використовую канал YouTube
- Завжди додаю посилання на використані дані
- Керуюсь законодавством України
- Використовую фото стоки
- Усі дані, які є в Інтернеті, можна використовувати без посилань
- Не використовую дані з Інтернету, користуюсь лише тим, що опубліковано у

паперовому вигляді

- Інше

Для створення власних додатків я найчастіше використовую *

- Scratch
- HTML
- MIT App Inventor
- Java
- Wordpress
- R Shiny
- Нічого не використовую, не маю уявлення, як це робиться
- Інші ресурси

Для захисту своїх даних на ПК й мобільних пристроях я найчастіше *

- Зберігаю дані на декількох носіях, щоб не втратити важливої інформації
- Використовую антивірусні програми
- Використовую фізичний захист своїх мобільних пристроїв
- Застосовую переважно технічні засоби захисту інформації: обмежую доступ

до пам'яті комп'ютера й змінних носіїв інформації

- Використовую спеціальне програмне забезпечення для захисту інформації на своєму ПК і мобільних пристроях
- Завжди використовую паролі, навіть на домашньому ПК
- Інші дії
- В мене нічого «викрадати», тому не надаю уваги захисту моїх даних

Для захисту персональних даних я найчастіше *

- Налаштовую свої акаунти належним чином, обмежую доступ до перегляду своєї інформації і персональної ідентифікації

- Використовую систему двохетапної аутентифікації акаунтів через мобільний телефон

- Не погоджуюся приймати до кола друзів у соціальних мережах тих, з ким особисто не знайомий

- При наданні своїх персональних даних іншій особі чи організації завжди вимагаю договір про використання й нерозголошення моїх персональних даних

- Слідкую за оновленням паролів на сайтах, змінюю паролі принаймні два рази на рік

- Вказую на свої авторські права на зображення (фотографію) шляхом проставлення знака авторського права і вказівки імені автора

- Інші дії
- Не слідкую за цим, оскільки нічого в мене «красти»

Для захисту себе і своєї родини у цифровому просторі я найчастіше *

- Утилізую згідно правил комп'ютерну техніку, яка вже вийшла з ладу
- Просто не користуюся соціальними мережами чи іншими сервісами, де можна мене ідентифікувати

- Завжди нагадую своїм друзям, родині щодо правил використання соціальних мереж і різних програмних засобів

- Надаю свої паролі і доступ до іншої персональної інформації, якщо в цьому є потреба і я можу уникнути небезпеки

- Відвідував заняття з охорони праці, де надають необхідну інформацію щодо безпеки використання ПК чи інших мобільних пристроїв

- Завжди при роботі на ПК чи довготривалого використання мобільних пристроїв роблю кожні півгодини перерву

- Інші дії

- Я почуваюся цілком «захищеним» у сучасному інформаційному просторі, тому не вважаю необхідним існування якихось правил

Для одержання довідки з усунення проблем при роботі з цифровою технікою я найчастіше *

- Використовую досвід інших, шукаючи вирішення проблеми в Інтернеті

- Одразу викликаю майстра (ІТ-фахівця з проблеми)

- Звертаюся до знайомих чи друзів, хто може допомогти

- Власноруч намагаюся вирішити, користуючись спеціальною літературою чи спеціальними Інтернет-ресурсами

- Якщо виникають проблеми, я намагаюся все замінити: інстальую одразу нове програмне забезпечення чи купую новий ПК чи мобільний пристрій

- Те, що можу зробити власноруч – роблю (налаштовую програмне забезпечення, виконую невелике технічне обслуговування ПК), а що не можу – викликаю ІТ-фахівця

- З технікою чи з програмним забезпеченням, як правило, проблем у мене не виникає

Для аналізу і візуалізації даних я використовую *

- MS Excel

- SPSS

- R

- Google Графіки

- Piktochart

- MS Teams

- Python

- Інші ресурси

Для підвищення рівня цифрових компетентностей я найчастіше використовую такі платформи онлайн курсів *

- Coursera

- Moodle

- Khan Academy

- Udemy

- Prometheus

- Kahoot

- EdX

- Інші

Кілька слів про себе

Статьь *

- Чоловіча
- Жіноча

Ви *

- Викладач
- Студент (магістр)
- Студент (бакалавр)

Ваш вік (вказіть, будь ласка, кількість повних років) *

У якому ВНЗ Ви працюєте чи навчаєтеся?

З якою галуззю знань пов'язана Ваша професійна (майбутня) діяльність? *

- Освіта
- Гуманітарні науки та мистецтво
- Бізнес та економіка
- Природничі науки (хімія, біологія, географія, тощо)
- Математика, інформатика, інформаційні технології
- Охорона здоров'я чи ветеринарія
- Будівництво та архітектура
- Інженерія (суто технічні напрямки, у тому числі геодезія і транспорт)
- Сільське господарство та агротехніка
- Сфера обслуговування, державне управління, соціальне забезпечення
- Соціальні науки, право та юриспруденція
- Інше

Чи завжди Ви маєте доступ до комп'ютерної техніки й мобільних пристроїв з доступом до Інтернету, коли Вам потрібно знайти ту чи іншу інформацію? *

- Так, завжди маю
- Маю, але не завжди
- Доступ значно обмежений, дуже рідко можу користуватися технікою та мобільними пристроями

Чи маєте Ви доступ до міжнародних інформаційних баз журналів та наукових видань? *

- Так, завжди маю
- Маю, але не завжди
- Доступ обмежений, оскільки на це потрібні гроші

Як Ви набували цифрову компетентність? *

- Сам навчався
- У школі одержав основні навички та вміння
- Навчився всьому в університеті
- Відвідую семінари, слухаю онлайн-курси, спілкуюся з друзями на тему інформаційних технологій та їх використання
- Інше

Кореляційний аналіз відповідей на питання анкет

Кореляційний аналіз відповідей на питання анкет

- 1 Який Ваш рівень обізнаності у питаннях STEM-освіти?
- 2 Чи проводите/відвідуєте Ви інтегровані заняття з різних дисциплін?
- 3 Чи є у Вас досвід застосування STEM в своїй професійній діяльності ?
- 4 Проводжу
- 5 Беру участь
- 6 Ні

Вибірка з генеральної сукупності

1	2	3	4	5	6
1	1	0	0	5	0
3	3	2	3	2	0
3	2	2	0	5	0
3	2	2	0	5	0
3	3	2	3	2	0
3	3	2	2	3	0
3	3	2	2	3	0
3	3	2	2	3	0
4	3	1	0	5	0
4	2	2	0	5	0
4	3	2	3	2	0
4	3	3	0	3	0
5	3	3	0	5	0
2	2	1	0	4	1
2	3	1	2	2	1
3	3	2	1	3	1
3	3	2	1	3	1
4	2	2	2	2	1
4	3	3	2	2	1
0	1	0	1	2	2
1	2	1	1	2	2
2	2	0	1	2	2
2	2	0	2	1	2
2	1	1	1	2	2
3	3	0	1	2	2
3	2	1	2	1	2
3	2	1	1	2	2
3	2	2	0	3	2
4	2	2	2	1	2
4	2	1	0	2	3
2	0	0	0	1	4

2	1	0	0	1	4
2	3	1	0	1	4
3	1	0	0	1	4
3	0	0	0	1	4
3	2	1	0	1	4
3	3	2	1	0	4
4	2	2	0	1	4
1	1	0	0	0	5
1	1	0	0	0	5
1	2	0	0	0	5
2	3	0	0	0	5
2	1	0	0	0	5
2	1	0	0	0	5
2	2	1	0	0	5
3	0	0	0	0	5
3	1	1	0	0	5
3	1	1	0	0	5

1. Параметры уравнения регрессии.

Выборочные средние.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{17.3101}{46} = 0.3763$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{18.3189}{46} = 0.3982$$

$$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n} = \frac{7.4742}{46} = 0.1625$$

Выборочные дисперсии:

$$S^2(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2 = \frac{7.0687}{46} - 0.3763^2 = 0.0121$$

$$S^2(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2 = \frac{8.0528}{46} - 0.3982^2 = 0.0165$$

Среднеквадратическое отклонение

$$S(x) = \sqrt{S^2(x)} = \sqrt{0.0121} = 0.11$$

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = \sqrt{0.0165} = 0.13$$

1.1. Коэффициент корреляции

Рассчитываем показатель тесноты связи. Таким показателем является выборочный линейный коэффициент корреляции, который рассчитывается по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{S(x)S(y)} = \frac{0.1625 - 0.3763 \times 0.3982}{0.110.13} = 0.9$$

Линейный коэффициент корреляции принимает значения от -1 до $+1$.

Связи между признаками могут быть слабыми и сильными (тесными). Их критерии оцениваются по шкале Чеддока:

$0.1 < r_{xy} < 0.3$: слабая;

$0.3 < r_{xy} < 0.5$: умеренная;

$0.5 < r_{xy} < 0.7$: заметная;

$0.7 < r_{xy} < 0.9$: высокая;

$0.9 < r_{xy} < 1$: весьма высокая;

1.2. Уравнение регрессии (оценка уравнения регрессии).

$$y_x = r_{xy} \frac{\bar{x} - \bar{x}}{S(x)} S(y) + \bar{y} = 0.9 \frac{x - 0.3763}{0.11} 0.13 + 0.3982 = 1.05x + 0.0044$$

Линейное уравнение регрессии имеет вид $y = 1.05x + 0.0044$

Коэффициент эластичности находится по формуле:

$$E = b \frac{\bar{x}}{\bar{y}}$$

$$E = 1.05 \frac{0.3763}{0.3982} = 0.9890$$

Коэффициент эластичности меньше 1. Следовательно, при изменении X на 1%, Y изменится менее чем на 1%. Другими словами - влияние X на Y не существенно.

Розрахунки

	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
	4	4	4	5	5	5	6	6	6	2	3	3
x	2,70833	2	1,125	2,70833	2	1,125	2,70833	2	1,125	2,70833	2,70833	2
y	0,75	0,75	0,75	1,89583	1,89583	1,89583	2,3125	2,3125	2,3125	2	1,125	1,125
xy	2,20833	1,9375	1,1875	5,66667	4,33333	2,875	5,5	3,60417	1,4375	5,79167	3,72917	2,8125
s2x	1,03993	0,83333	0,90104	1,03993	0,83333	0,90104	1,03993	0,83333	0,90104	1,03993	1,03993	0,83333
s2y	0,9375	0,9375	0,9375	2,46832	2,46832	2,46832	3,67318	3,67318	3,67318	0,83333	0,90104	0,90104
sx	1,01977	0,91287	0,94923	1,01977	0,91287	0,94923	1,01977	0,91287	0,94923	1,01977	1,01977	0,91287
sy	0,96825	0,96825	0,96825	1,57109	1,57109	1,57109	1,91655	1,91655	1,91655	0,91287	0,94923	0,94923
rxу	0,17935	0,49497	0,37401	0,33213	0,37768	0,49767	-0,3904	-0,5835	-0,6399	0,40283	0,70485	0,64914
к	1	2	2	2	2	2	2	3	3	2	4	3

Шкала

0,3	1	слабка залежність
0,5	2	достатня залежність
0,7	3	помітна залежність
0,9	4	висока залежність
1	5	дуже висока залежність

	4	5	6	1	2	3
1	0,17935	0,33213	-0,3904	-	0,40283	0,70485
2	0,49497	0,37768	-0,5835	0,40283	-	0,64914
3	0,37401	0,49767	-0,6399	0,70485	0,64914	-

	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2
	4	4	4	5	5	5	6	6	6	2	3	3
x	2,70833	2	1,125	2,70833	2	1,125	2,70833	2	1,125	2,70833	2,70833	2
y	0,75	0,75	0,75	1,89583	1,89583	1,89583	2,3125	2,3125	2,3125	2	1,125	1,125
b	1,21119	1,8	1,17919	3,28165	3,19583	2,8225	0,32533	-0,1375	0,8591	2,97663	2,90192	2,475
E	4,37372	4,8	1,76879	4,68807	3,37143	1,67489	0,38102	-0,1189	0,41794	4,03085	6,9861	4,4

Довідки про впровадження



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, Запорізька область, Україна, 72312, тел. (0619) 44-04-64,
факс (0619) 44-03-60 E-mail: rectorat@mdpu.org.ua, www.mdpu.org.ua,
код ЄДРПОУ 02125237

21 ЛЮТ 2020

№ 01-28/463

На № _____

ДОВІДКА

**про впровадження та апробацію результатів дисертаційного дослідження
Валько Наталії Валеріївни
на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-
математичних дисциплін до застосування STEM-технологій
у професійній діяльності», що подається на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти**

В період з 2015 до 2020 років в Мелітопольському педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького проходили апробацію матеріали дисертаційного дослідження Валько Н.В. Представлено навчально-методичне забезпечення для проведення семінарів зі студентами спеціальностей 014.09 Середня освіта (Інформатика), 014.04 Середня освіта (Математика) «Методика викладання робототехніки», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Основи робототехнічних систем». Ці розробки використовувалися для проведення занять з дисциплін «Методика викладання інформатики», «Інформаційні системи та технології в освіті» та під час навчальної практики здобувачів вищої освіти. Використання матеріалів дозволило вдосконалити процес вивчення навчального матеріалу студентами та викликало їх інтерес до вивчення STEM-технологій. Матеріали з робототехніки дозволили пришвидшити процес організації STEAM-лабораторії нашого університету і залучити студентів до створення власних розробок у напрямі STEM.

Матеріали дослідження були використані на заняттях з методики навчання інформатики і допомогли в підготовці студентів до виконання STEM-проектів і використання інноваційних підходів у майбутній професійній діяльності. Результати використання навчально-методичних матеріалів впродовж практики дозволило збільшити інтерес студентів до вивчення та застосування елементів проектного STEM-навчання у освітньому процесі, а також покращити їх знання з суміжних дисциплін.

Ректор



А. М. Солоненко



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Університетська, 27, м. Херсон, 73003. Тел.: +38(0552) 32-67-05, 32-67-31; факс 49-21-14; e-mail: office@ksu.kh.ua; http://www.kspu.edu.ua
 код за ЄДРПОУ 02125609 р/р UA228201720343111002200000120; UA06820172034312000200000120
 банк Держказначейська служба України, м. Київ

ДВ.03 2020 р. № 16-30/334

На № _____ від _____ 2020 р.

Довідка

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження Наталії Валеріївни Валько на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності» на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Матеріали дослідження Н.В. Валько впроваджувалися в освітній процес Херсонського державного університету протягом 2015-2019 років. Впродовж цих років були розроблені і апробовані дистанційні курси з робототехніки та STEM-освіти. Матеріали дослідження використовувались для підготовки майбутніх учителів усіх освітніх рівнів до використання STEM-технологій у професійній діяльності. Розроблені дистанційні курси навчання «Освітня робототехніка», «Проектування, конструювання та програмування роботів» використовуються як науково-методичне забезпечення дисциплін вільного вибору для студентів університету.

Матеріали, розроблені Н.В. Валько, використовуються для проведення таких дисциплін як «Вибрані питання програмування», «Методика інформатики», «Мова C++», «Основи робототехнічних систем». У навчанні зроблено акцент на практичну підготовку і проектну діяльність. Застосування та впровадження навчально-методичних комплексів, дистанційних курсів та методичних рекомендацій з дисциплін сприяли підвищенню професійного рівня підготовки студентів спеціальностей природничо-математичних дисциплін і викликали інтерес до STEM-освіти. Використання розроблених матеріалів сприяло участі студентів у робототехнічних конкурсах і олімпіадах, а також у змаганнях з робототехніки. Окрім того, розробки та навчально-методичні матеріали «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти» використовувались для проведення семінарських занять з учителями міста та області. Також матеріали використовувались для організації роботи STEM-школи при Центрі післядипломної освіти університету, для організації та проведення змагань з робототехніки у Херсонському державному університеті.

Вважаємо, що матеріали дисертаційного дослідження Н.В. Валько можна рекомендувати до використання в освітньому процесі закладів вищої освіти, які здійснюють підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін.

Матеріали апробації та впровадження результатів дисертаційного дослідження Наталії Валеріївни Валько на тему «Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності» обговорено і затверджено на засіданні кафедри інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики Херсонського державного університету (протокол від 31.01.2020, № 6).

Перший проректор

Сергій ОМЕЛЬЧУК



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені Г.С. СКОВОРОДИвул. Алчевських, 29, м. Харків, 61002, тел. (057) 700-35-23, факс (057) 700-69-09
e-mail: rector@hnpu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125585

Від 15. 02. 2020 № 01/10-176

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про апробацію і впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

У Харківському національному педагогічному університеті імені Г.С. Сковороди на протязі 2016-2019 навчальних років проходила апробація результатів дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни. Апробація результатів проходила на базі фізико-математичного факультету за спеціальностями «014.04 Середня освіта (Математика)», «014.08 Середня освіта (Фізика)», «014.09 Середня освіта (Інформатика)».

Методичні розробки Валько Н. В., такі як матеріали дистанційного курсу «Методика викладання робототехніки», «Освітня робототехніка», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти» використовувались викладачами при проведенні академічних занять з таких дисциплін: Технології STEM-освіти, Теоретичні основи інформатики, Методика навчання інформатики в школі. Ці розробки були впроваджені у навчальний процес з підготовки фахівців на вказаних спеціальностях, а також використовувались в процесі підготовки до щорічного «Тижня інформатики» і в діяльності STREAM-лабораторії.

Результати апробації та впровадження методичних розробок Валько Н.В. у навчальний процес свідчать про підвищення ефективності професійної підготовки здобувачів вищої освіти за вказаними вище спеціальностями. Запропонована Валько Н. В. система підготовки здобувачів вищої освіти до застосування STEM-технологій у професійній діяльності є перспективною для підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін і може бути рекомендованою до застосування у вищих закладах освіти.

Результати апробації та впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Н.В. на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» обговорено і затверджено на засіданні кафедри інформатики фізико-математичного факультету Харківського національного педагогічного університету імені Г.С.Сковороди (протокол №13 від 11 лютого 2020 р.).

Проректор з наукової роботи

Ю.Д.Бойчук



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, Запорізька обл. 71100
E-mail: rector@bdpu.org.ua; http://bdpu.org

Тел. +38(06153) 3-62-44, факс +38(06153) 4-74-68
Код згідно з ЄДРПОУ 02125220

М.Од. МОН № 54-59/д66

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Упродовж 2017-2019 років у Бердянському державному педагогічному університеті проходили апробацію результати дисертаційного дослідження Валько Н. В. Результати дослідження використовувались на спеціальностях «015.10 Професійна освіта (Комп'ютерні технології)», «014.08 Середня освіта (Фізика)», «014.09 Середня освіта (Інформатика)», «014.11 Середня освіта (Трудове навчання та технології)» «014.04 Середня освіта (Математика)», факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти. Навчально-методичні розробки Валько Н. В. дистанційних курсів та методичних рекомендацій дозволили організувати для студентів семінарські заняття з тем «Методика викладання робототехніки», «Освітня робототехніка» та використовувались викладачами факультету при проведенні занять дисциплін: Методика навчання інформатики, Мікропроцесорна техніка в системах управління, Обладнання обчислювальних центрів в системі освіти.

На заняттях з природничо-математичних дисциплін викладачі факультету використовували елементи методичних розробок Валько Н. В. Результати цього використання свідчать про збільшення інтересу здобувачів вищої освіти до вивчення та застосування елементів STEM-технологій у навчальному процесі. Використання методичних рекомендацій Валько Н. В. по організації занять з робототехніки, дало можливість покращити успішність з проектування робототехнічних систем. Позитивним результатом використання методичних розробок Валько Н. В. є актуалізація опорних знань здобувачів вищої освіти з суміжних дисциплін.

Результати апробації та впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Н. В. на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» обговорено і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних технологій в управлінні та навчанні й інформатики факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти Бердянського державного педагогічного університету (протокол № 7 від 14 лютого 2020 р.).

Проректор з науково-педагогічної роботи
кандидат філологічних наук, доцент

[Signature]
Вікторія ЛПІЧ

Завідувач кафедри
комп'ютерних технологій в управлінні
та навчанні й інформатики
доктор педагогічних наук, професор



[Signature]
Віталій ХОМЕНКО



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 імені Михайла Коцюбинського

вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21001, Україна, тел. (0432) 61-66-20 факс (0432) 61-28-72, E-mail: info@vnu.net код ЄДРПОУ 02125094

дч.Ох.д.д.д.д. № *06/11*

на № _____

ДОВІДКА

про апробацію і впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Матеріали дисертаційного дослідження Валько Н. В. впроваджувалися в навчальний процес Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського протягом 2017-2019 навчальних років на декількох педагогічних спеціальностях факультету математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій та природничо-географічного факультету. Зокрема, було апробовано розроблене здобувачкою навчально-методичне забезпечення для професійної підготовки майбутніх учителів до використання STEM-технологій при викладанні дисциплін природничо-математичного циклу. Викладачами університету використовувалися матеріали дисертаційного дослідження, що сприяло удосконаленню професійної підготовки майбутніх учителів до використання новітніх інноваційних технологій у навчальному процесі і підвищенні зацікавленості у інтегрованому підході до викладання окремих дисциплін. Викликало значний інтерес використання робототехніки при викладанні окремих дисциплін, можливість для здобувачів вищої освіти розширювати та поглиблювати базові знання з математики, фізики, інженерії та програмування вивчаючи дисципліни професійного спрямування.

Апробація дисертаційного дослідження Валько Н. В. відбувалась на спеціальностях «014.04 Середня освіта (Інформатика)», «014.04 Середня освіта (Математика)», «014.08 Середня освіта (Фізика)», «014.11 Середня освіта (Трудове навчання та технології)» факультету математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій. У навчальному процесі на цих спеціальностях використовувались дистанційні курси «Основи робототехнічних систем», «Освітня робототехніка» розроблені Валько Н.В., а також матеріали семінарів «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти».

Впровадження результатів дисертаційного дослідження засвідчило високий рівень розробки й практичну значущість навчально-методичних матеріалів Валько Н.В. Вважаємо, що результати цього дослідження можна рекомендувати до використання в освітньому процесі закладів вищої освіти, які здійснюють підготовку майбутніх учителів.

Довідку про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Н. В. на тему «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» обговорено і затверджено на засіданні кафедри математики та інформатики факультету математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (протокол № 8 від 14 січня 2020 року).

Проректор з наукової роботи
 доктор педагогічних наук, професор

Завідувач кафедри математики та інформатики
 доктор педагогічних наук, професор

Євген Громов (0432) 61 80 72



Коломієць А.М.

Ковтонюк М.М.

Класичний
Приватний
Університет

Україна, 69002 м. Запоріжжя,
Жуковського, 70 "Б" *тел. (061) 787-33-96
(061) 764-67-50
факс (061) 228-07-78*



CLASSIC
PRIVATE
UNIVERSITY

70 "B", Zhukovskogo st., 69002 Zaporizhja,
UKRAINE *tel. (061) 787-33-96
(061) 764-67-50
fax (061) 228-07-78*

№ 110

"24" 02 2020 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Валько Наталії Валеріївни

на тему: «Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності», що подається на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Результати дисертаційного дослідження Валько Н. В., навчально-методичні матеріали та дистанційні курси були впроваджені протягом 2017-2019 навчального року у навчальний процес при підготовці фахівців зі спеціальності «014.09 Середня освіта (інформатика)». Матеріали дистанційного курсу «Освітня робототехніка», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти» використовувались при читанні дисциплін природничо-математичного циклу, таких як «Методика викладання інформатики у школі», «Програмування», при підготовці фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Результати впровадження вказаних вище методичних матеріалів свідчать про ефективність їх використання та про готовність здобувачів вищої освіти відповідної спеціальності використовувати елементи та технології STEM-навчання у професійній діяльності. Застосування методичних матеріалів Валько Н. В. дало можливість значно підвищити рівень знань з методики викладання дисциплін з інформатики та програмування у частині використання STEM-технологій при вивченні здобувачами вищої освіти професійно спрямованих дисциплін вказаної вище спеціальності.

Враховуючи позитивні результати впровадження у навчальний процес вказаних методичних матеріалів, можна рекомендувати їх до широкого використання при викладанні навчальних дисциплін природничо-математичного циклу, з метою знайомства здобувачів вищої освіти з інноваційними технологіями.

Ректор



Огаренко В. М.



ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни на тему «Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності» на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Матеріали дисертаційного дослідження Валько Наталії Валеріївни проходили апробацію у Державному закладі «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» протягом 2017-2019 навчальних років. Матеріали дослідження впроваджувались в інституті фізика, математики та інформаційних технологій, а також на факультеті природничих наук. Методичні матеріали, розроблені Валько Н.В., використовувались викладачами факультету при проведенні занять з природничо-математичних дисциплін. Розроблені Валько Н. В. дистанційний курс «Методика викладання робототехніки», «Освітня робототехніка», використовувалась викладачами на заняттях з інформатики та на лабораторних роботах з окремих фахових дисциплін. Семінарські матеріали «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти» використовувались здобувачами бакалаврського рівня вищої освіти впродовж навчальної практики. Матеріали дисертаційного дослідження Валько Н.В. використовувались при плануванні навчального процесу з дисциплін «Програмування» та «Методика навчання інформатики».

Результати апробації методичних розробок Валько Н.В. вказують на ефективність використання запропонованих методик, на поглиблення знань здобувачів вищої освіти з фундаментальних дисциплін – математики, фізики, на збільшення їх мотивації до вивчення сучасних інформаційних технологій, до застосування STEM-технологій при вивченні професійних дисциплін. Результати дисертаційних досліджень Валько Н.В., без сумніву, будуть корисними для викладачів природничо-математичних дисциплін вищих закладів освіти, у шкіл, здобувачам вищої освіти природничих спеціальностей.

Уважаємо, що результати дисертаційного дослідження Валько Н.В. можна рекомендувати до використання в освітньому процесі підготовки майбутніх учителів.

Проректор з науково-педагогічних робіт,
 доктор технічних наук,
 професор



Олександр Меняйленко.

Список публікацій здобувача

Монографія

1. Валько Н. В. Теоретичні та методологічні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій : монографія / за ред. В. В. Осадчого. Херсон : Айлант, 2020. 436 с.

Статті в наукових фахових виданнях, що індексуються у Scopus, WoS, категорії А та зарубіжному

2. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. Bridging the Generation Gap in ICT Education. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2013. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. C. Mayr, M. Nikitchenko, A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2013. Vol. 412. Springer, Cham. 2013. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03998-5_12. *Особистий внесок здобувача: проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.*

3. Valko N., Kushnir N., Manzhula A. Future and Experienced Teachers Should Collaborate on ICT Integration. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2014. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. Mayr, M. Nikitchenko, A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2014. Vol. 469. Springer, Cham. P. 217–237. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13206-8_11. *Особистий внесок здобувача: проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.*

4. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Litvinenko O. The Experience of the Master Classes as a Means of Formation of Readiness of Teachers to Implement Innovation. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2016. Communications in Computer and Information Science* / A. Ginige et al. (eds.). 2017. Vol. 783. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69965-3_11. *Особистий внесок здобувача: відбір завдань і вправ для майстер-класів, робота над програмою майстер-класу, аналіз анкет респондентів та обробка результатів опитування.*

5. Goncharenko T., Kushnir N., Valko N., Osipova N. Activity Plan Template for Supporting Study Science with Robotics and Programming. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge*

Transfer. CEUR Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2393. P. 132–143. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_257.pdf. *Особистий внесок здобувача: опис методики й особливостей програми підготовки та проведення занять з робототехніка й програмування; підбір авторських програм з програмування.*

6. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Experience of Foundation STEM-School. *Proceedings of 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings*. 2018. Vol. 2104. P. 431–446. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_241.pdf. *Особистий внесок здобувача: опис програми курсів для літнього інтенсивну в частині методичних основ вивчення програмування; розробка та аналіз анкет у частині встановлення стану проблеми підготовки учителів до впровадження STEM-освіти.*

7. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. New Approaches of Teaching ICT to Meet Educational Needs of Net Students Generation. *Proceedings of the 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR-WS*. 2013. Vol. 1000. P. 195–208. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-195-208.pdf>. *Особистий внесок здобувача: розробка та аналіз анкет у частині визначення академічної й професійної спрямованості студентів і їх мотивацій, поінформованості щодо розвитку кар'єри (досвіду).*

8. Spivakovskiy O., Kushnir N., Valko N., Vinnyk M. ICT Advanced Training of University Teachers. *13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. P. 176–190. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000176.pdf>. *Особистий внесок здобувача: визначення структури й функціональності інструментів підтримки роботи викладача; розробка та наповнення методичними матеріалами тематичних блоків «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу», «Дистанційне навчання як елемент освітнього середовища сучасного університету».*

9. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Determining the Level of Readiness of Teachers to Implementation of STEM-Education in Ukraine. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2393. P. 144–155. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_369.pdf. *Особистий внесок здобувача: загальна постановка питання та аналіз статистичних даних з актуальності питання STEM-освіти; визначення пізнавальної діяльності та різних організаційних форм STEM-навчання; проведення експерименту.*

10. Valko N. Teachers' Training System of Natural and Mathematical Disciplines of Ukraine in STEM-education. *European science review. Premier Publishing s.r.o. Vienna*. 2019. № 9–10. P. 32–34. URL: <https://doi.org/10.29013/ESR-19-9.10-32-34>.

11. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Design of the educational environment for STEM-oriented learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. Vol. 75. № 1. P. 316–330. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3213>. *Особистий внесок здобувача: розробка моделі освітнього середовища STEM-орієнтованого навчання; визначення умов його функціонування, структури взаємодії учасників у ньому; наведення прикладів проєктів, які виконують у межах інтегрованих занять, і характеристика етапів проєктної діяльності.*

Статті в наукових фахових виданнях України

12. Валько Н. В. Аналіз освітніх програм навчання майбутніх учителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок*. 2019. № 10 (177). С. 101–106. URL: http://mr.dspu.edu.ua/publications/2019/10_177_2019.pdf.

13. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 3. С. 9–20. URL: <http://eprintsmdpu.org.ua/>

14. Валько Н. В. Аналіз та перспективи підготовки майбутніх учителів інтегрованого курсу «Природничі науки». *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2019. Вип. 2. С. 170–178. URL: <http://pedagogy.bdpu.org/wp-content/uploads/2019/10/19.pdf>.

15. Валько Н. В. Компетентнісний підхід до формування STEM-культури майбутніх учителів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. № 5 (1187). С. 23–31.

16. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Kuzmich L. Review of trends, approaches and perspective practices of STEM-education for training center opening. *Informational Technologies in Education*. 2017. Vol. 31. P. 69–80. *Особистий внесок здобувача: створення інтерактивної карти робототехнічних та STEM-центрів України; доповнення переліку освітніх активностей зі STEM-освіти; опис методичних застосувань робототехнічних конструкторів та створення відповідних розділів дистанційного курсу.*

17. Валько Н. В. STEM-освіта вчителів у країнах Сходу та Австралії. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2018. № 61. С. 36–47. URL: <http://library.uipa.edu.ua/resources/engineers-pedagogik/zbirnik-naukovikh-prats.html>.

18. Валько Н. В. Визначення STEM-культури як складової професійної культури на основі аналізу наукових досліджень. *Педагогічні науки* : зб. наук. пр. 2018. № 84. Т. 2. С. 78–82.

19. Валько Н. В. Побудова моделі STEM-навчання засобами нейронних мереж. *Педагогічний альманах* : зб. наук. пр. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2019. С. 128–135.

20. Валько Н. В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 40. С. 38–47. URL: http://ite.kspu.edu/issue_40/p-38-47.

21. Валько Н. В. Побудова моделі особистісно-орієнтованого STEM-навчання. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. Запоріжжя, 2019. Вип. 67. С. 147–151. URL: <http://pedagogy-journal.kpu.zp.ua/>

22. Валько Н. В. Проектно-дослідна складова STEM-навчання на прикладі створення моделі безпілотного транспорту. *Вісник Запорізького національного університету*. 2019. Вип. 2 (33). С. 9–12. URL: <http://visnykznu.org/issues/2019/2019-ped-2/3.pdf>.

23. Валько Н. В. Стан реалізації STEM-освіти майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у Європейському союзі. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. 2018. Вип. № (62). Т. 2. С. 52–58. URL: http://mdu.edu.ua/?page_id=1502.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

24. Валько Н. В., Кушнір Н. А., Манжула А. М. Принципы создания современного курса для студентов педагогических специальностей: личностно-ориентированный поход. *Інформаційні технології в освіті*. 2013. Вип. 15. С. 263–275. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_15_33. *Особистий внесок здобувача: проведення аналізу результатів опитування; класифікація результатів за категоріями; створення звіту опитування; формулювання висновків.*

25. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Вінник М. О. Підвищення кваліфікації викладачів університету як елемент розвитку інформаційно-освітнього середовища університету. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2016. Вип. 2. С. 194–208. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/47>. *Особистий внесок здобувача: створення програми підвищення кваліфікації в частині «Сервіси Google у навчальному процесі» та «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу»; розробка структурно-логічної схеми та її наповнення; проведення анкетування й обробка результатів.*

26. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Model of organization of the university ecosystem for the development of STEM-education. *Informational Technologies in Education*. 2018. № 4 (37). P. 77–92. URL: http://ite.kspu.edu/issue_37/p-77-92. *Особистий внесок здобувача: розробка Положення про STEM-школу; формулювання мети й завдань STEM-школи; розробка програми літніх курсів у частині занять з робототехніки; проведення воркшопів для вчителів та аналіз результатів опитування.*

27. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень – шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Вісник Херсонського Національного технічного університету*. 2019. № 2 (69). Ч. 2. С. 280–287. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова математичних моделей окремих економічних задач.*

28. Валько Н., Болгарін Т., Валько К.. Моделювання руху безпілотного транспорту на базі Arduino. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2019. Vol. 7. № 4, Dec. P. 1–9. DOI:10.32919/uesit.2019.04.01. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова методології дослідження; створення плану робіт та контроль за проектною діяльністю.*

29. Валько Н. В., Кушнір Н. О. Гнучкість ІКТ-підготовки майбутніх учителів під впливом швидких змін цифрового світу. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2015. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2015_1_6. *Особистий внесок здобувача: удосконалення розробленого курсу відповідно до сучасних технологічних вимог.*

30. Кушнір Н. О., Валько Н. В., Осипова Н. В., Кузьмич Л. В. Відкриті освітні ресурси для організації навчання у контексті STEM-освіти. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2017. Вип. 3. С. 247–255. *Особистий внесок здобувача: опис переліку онлайн-сервісів для впровадження STEM-освіти.*

31. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Осипова Н. В. Інноваційні методи, засоби та форми організації навчального процесу у STEM освіті. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти* : матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2016 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2016. С. 41–48. *Особистий внесок здобувача: аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем упровадження інноваційних форм організації навчального процесу для реалізації завдань STEM-освіти.*

32. Осипова Н. В., Кушнір Н. О., Валько Н. В. STEM-освіта: підвищення професійної компетентності вчителів фізики, математики та інформатики / XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) : зб. тез (18–22 вересня 2017 р., м. Херсон). Херсон : ХНТУ, 2017. С. 80. *Особистий внесок здобувача: теоретичний аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем упровадження STEM-освіти; розробка тематики семінарів у частині «Середовище Scratch», «Освітня робототехніка».*

33. Осадчий В. В., Валько Н. В. Практичний досвід створення освітнього STEM-середовища. *Цифрова освіта в природничих університетах* : тези V Міжнар. наук. конф. / НУБІП, м. Київ, Україна, 17–18 жовтня 2018 р. Київ, 2018. С. 90–92. *Особистий внесок здобувача: формулювання передумов і принципів успішного впровадження STEM-освіти; визначення мети, завдань та напрямів роботи STEM-школи.*

34. Валько Н. В., Осадчий В. В. Адаптивна система впровадження STEM-освіти у закладах вищої освіти. *Тези IV Міжнародної конференції з адаптивних технологій управління навчанням ATL 2018, м. Одеса 24–26 жовтня 2018 р.* Одеса, 2018. С. 139–141. *Особистий внесок здобувача:*

визначення шляхів побудови освітнього STEM-середовища; робота над програмою курсів підвищення кваліфікації та її наповнення.

35. Валько Н. В. Зарубіжний досвід підготовки вчителів в умовах впровадження STEM-освіти. *STEM-освіта: стан упровадження та перспективи розвитку* : тези IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 8–9 листопада 2018 р.). Київ, 2018. С. 9–11. URL: <https://imzo.gov.ua/2018/11/13/vidbulasia-iv-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiia-stem-osvita-stand-vprovadzhennia-ta-perspektyvy-rozvytku/>

36. Осипова Н. В., Кушнір Н. А., Валько Н. В., Давиденко Е. А. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти* : матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2018 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2018. С. 56–61. *Особистий внесок здобувача: аналіз додатків віртуальної реальності для здійснення STEM-навчання.*

37. Валько Н. В. Опанування навичок створення програм у середовищі Scratch. *Проблеми математичної освіти (ПМО-2019)* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 12–12 квітня 2019 р.). Черкаси, 2019. С. 239–240. URL: <http://difur.in.ua/wp-content/uploads/2019/04/pmo-2019.pdf>.

38. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Матеріали міжнародної наукової конференції МКММ*. Херсон, 2019. С. 65. *Особистий внесок здобувача: формулювання тверджень, що є ефективними носіями міжпредметних зв'язків основних математичних дисциплін, а також пошук відповідних математичних моделей у прикладних науках.*

39. Валько Н. В. Реалізація STEM-освіти засобами освітньої робототехніки. *Передові освітні практики: Україна, Європа, Світ* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (16–17 листопада 2019 р., м. Київ). Київ, 2019. С. 384–388.

40. Валько Н. В., Кузьмич Л. В., Абдуллаєва Н. П. Визначення системи мотиваційних факторів до вивчення STEM-дисциплін. *Інформаційні технології та взаємодії* : матеріали доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (20 грудня, м. Київ). Київ, 2019. С. 351–353. *Особистий внесок здобувача: формулювання загальної методології дослідження та обробка результатів опитування.*

Навчально-методичне видання

41. Валько Н. В., Савченко О. Г., Кузьмич Л. В., Кавун Г. М. Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни. Херсон : Айлант, 2014. 430 с. *Особистий внесок здобувача: побудова математичних моделей окремих розділів.*