

## REFERENCES

1. Bekh I. D. Teoretyko-prykladnyj sens kompetentnismogho pidkhodu v pedagoghici [Theoretical and applied meaning of the competence approach in pedagogy]. *Pedagoghika i psykholohija*. 2009. № 2 (63). S. 26–31.
2. Bibik N. M. Kompetentnisnyj pidkhid: refleksyvnyj analiz zastosuvannja [Competency-Based Approach: Reflexive Application Analysis]. *Kompetentnisnyi pidkhid u suchasni osviti: svitovyi dosvid ta ukrajinsjki perspektyvy / za zah. red. O. V. Ovcharuk*. Kyiv, 2004. S. 45–50.
3. Bolotov V. A., Serikov V. V. Kompetentnostnaja model: ot idei k obrazovatelnoi programme [The competence model: from idea to educational program]. *Pedagogika*. 2003. № 10. S. 8–14
4. Zjazjun I. A. Filozofia pedagoghichnoji jakosti v systemi neperervnoji osvity [The philosophy of pedagogical quality in continuing education]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho universytetu imeni Ivana Franka*. 2005. № 25. S. 13–18.
5. Naghorna N. V. Formuvannia u studentiv ponjati kompetentnosti j kompetencii [Formation of students' notions of competence and competence]. *Vykhovannia i kultura*. 2007. № 1–2 (11–12). S. 266–268.
6. Rybalko Ju. V. Kompetentnisnyi pidkhid u naukovopedagoghichnij literaturi [The Competency-Based Approach in Scientific and Pedagogical Literature]. *Pedagoghika vyshhoi ta serednjoi shkoly*. 2012. № 35. S. 385–394.
7. Sergeeva E. V., Chandra M. Ju. Organizacionno-pedagogicheskie uslovija realizacii monitoringa kachestva osvoenija obuchajushhimisja osnovnyh obrazovatel'nyh programm vuza [Organizational and pedagogical conditions for monitoring the quality of students' learning of the main educational programs of the university]. *Fundamentalnye issledovanija*. 2013. № 10. S. 870–874. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=32419>
8. Torop K.S. Kompetentnisnyi pidkhid v osviti ditei z porushennjami intelektualnoho rozvytku [The Competency-Based Approach in the Education of Children with Intellectual Disabilities]. *Scientific research of the XXI century. Vol. 1: collective monograph / compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov*. Sherman Oaks, Los Angeles: GS publishing service, 2021. P. S. 214–218.
9. Hertford College. University of Oxford. Information for tutors. Retrieved from: <https://www.hertford.ox.ac.uk/hertford-intranet/information-for-tutors>

УДК 378.09:004

DOI 10.25128/2415-3605.21.1.27

ОЛЬГА БАРНА

ORCID 0000-0002-2954-9692

barna\_ov@fizmat.tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені Володимира Гнатюка  
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ОЛЕНА КУЗЬМІНСЬКА

ORCID 0000-0002-8849-9648

o.kuzminska@nubip.edu.ua

доктор педагогічних наук, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ

## МОДЕЛІ ТА РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ STEM-ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ COVID-19

*Вказано, що розвиток та вдосконалення людських навичок і можливостей через освіту є ключовими рушіями соціально-економічного, суспільного успіху та особистого добробуту. Актуалізовано потребу підготовки майбутніх STEM-фахівців у закладах вищої освіти (ЗВО). Проаналізовано поняттєвий апарат і нормативне забезпечення реалізації STEM-освіти в Україні. Схарактеризовано особливості навчання STEM-дисциплін, пов'язаних із необхідністю використання обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Здійснено огляд підходів та наведено*

## ОБГОВОРЮЄМО ПРОБЛЕМУ

приклади реалізації навчання STEM-дисциплін за моделлю традиційного, змішаного та дистанційного навчання у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка (далі – ТНПУ). Обґрунтовано потребу модифікації існуючих моделей навчання STEM-дисциплін для реалізації якісної освіти в умовах COVID-19. Наведено приклади ресурсного забезпечення STEM-освіти в університетах Великої Британії, Іспанії та України. Розроблено модель поведінки викладачів STEM-дисциплін за умов невизначеності щодо моделі організації навчання. Відзначено, що пропонується модель може слугувати основою для здійснення аналізу потреб і можливостей ЗВО щодо реалізації ефективного навчання STEM-дисциплін в умовах невизначеності, зокрема, спричинених COVID-19, витрат та альтернативних способів організації освітнього процесу.

**Ключові слова:** вища освіта, STEM-освіта, онлайн-ресурси, моделі навчання, COVID-19, моделювання.

ОЛЬГА БАРНА

кандидат педагогических наук, доцент  
Тернопольский национальный педагогический  
университет имени Владимира Гнатюка  
ул. Максима Кривоноса, 2, г. Тернополь

ЕЛЕНА КУЗЬМИНСКАЯ

доктор педагогических наук, доцент  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
ул. Героев Оборона, 15, г. Киев

## МОДЕЛИ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОПОДАВАНИЯ STEM-ДИСЦИПЛИН В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19

Указано, что развитие и совершенствование человеческих навыков и возможностей через образование являются ключевыми двигателями социально-экономического, общественного успеха и личного благосостояния. Актуализирована необходимость подготовки будущих STEM-специалистов в вузах. Проанализирован понятийный аппарат и нормативное обеспечение реализации STEM-образования в Украине. Охарактеризованы особенности преподавания STEM-дисциплин, связанных с необходимостью использования оборудования и специализированного программного обеспечения. Осуществлен обзор различных образовательных подходов и моделей, а также приведены примеры реализации STEM-обучения в Тернопольском национальном педагогическом университете имени Владимира Гнатюка. Обоснована необходимость модификации существующих моделей традиционного, смешанного и дистанционного обучения для реализации качественного преподавания STEM-дисциплин в условиях COVID-19. Приведены примеры ресурсного обеспечения STEM-образования в университетах Великобритании, Испании и Украины. Разработана модель поведения преподавателей STEM-дисциплин в условиях неопределенности относительно применяемой модели организации обучения. Отмечено, что предлагаемая модель может служить основой для осуществления анализа потребностей и возможностей вузов по реализации эффективного преподавания STEM-дисциплин в условиях COVID-19, расходов и альтернативных способов организации образовательного процесса.

**Ключевые слова:** высшее образование, STEM-образование, онлайн-ресурсы, модели обучения, COVID-19, моделирование.

OLHA BARNA

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor  
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University  
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

OLENA KUZMINSKA

Habilitated Doctor, Associate Professor  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
2 Heroyiv Oborony Str., Kyiv

**MODELS AND RESOURCES FOR TEACHING STEM-DISCIPLINES IN THE  
CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC**

*The development and improvement of human skills and capabilities through education are key drivers of economic, social success and personal well-being. This study highlights the need for training STEM specialists in educational institutions. An analysis of the conceptual framework and regulatory support for the implementation of STEM-education in Ukraine. The lack of a unified strategy for the digital transformation of domestic higher education institutions and the launch of new STEM-oriented educational programs has been identified. The peculiarities of teaching STEM-disciplines related to the need to use equipment and specialized software are described. An overview of approaches and examples of implementation of STEM-disciplines according to the model of traditional, blended and distance learning at Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk has been given. The need to modify the existing models of teaching STEM-disciplines for the implementation of quality education in the conditions of COVID-19 is substantiated. Examples of STEM-education resources in universities in Great Britain, Spain and Ukraine are given. A model of behavior of teachers of STEM-disciplines under conditions of uncertainty about the model of teaching organization has been developed. The proposed model can serve as a basis for analyzing the needs and capabilities of the educational institution to implement effective teaching of STEM-disciplines in conditions of uncertainty, in particular, caused by COVID-19, costs and alternative ways of organizing the educational process. Prospects for further research are identified.*

**Keywords:** higher education, STEM-education, online resources, learning models, COVID-19, modeling/

Економіка і загалом добробут людей в усьому світі підтримуються наукою, технікою, інженерією та математикою. Саме ці дисципліни, що складають аббревіатуру STEM: Science, Technology, Engineering і Mathematics, лежать у основі розвитку промисловості, виробництва продуктів харчування, охорони здоров'я тощо. Високотехнологічні сфери діяльності потребують фахівців, попит на яких стабільно зростає. Так, за даними звіту Всесвітнього економічного форуму [15, с. 27], серед фахівців, які будуть затребуваними у 2025 р., приріст від 29 до 10 % (порівняно з 2018 р.) демонструють галузі: шифрування та кібербезпека, хмарні обчислення, розподілені технології (наприклад, блокчейн), засоби промислової автоматизації, робототехніка, 3D та 4D друк і моделювання. Відповідно актуалізується потреба підготовки майбутніх STEM-фахівців у ЗВО [5; 14].

Визначені тенденції відображені в нормативних документах та організаційних заходах з реформування вітчизняної системи освіти: розроблено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти, створено робочу групу з питань впровадження STEM-освіти в Україні (наказ МОН від 29.02.2016р. № 188), для здійснення науково-методичного супроводу залучено науковців відділу STEM-освіти Інституту модернізації змісту освіти (<https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>). У сфері вищої освіти ці питання належать до прерогативи управлінських структур, які вибудовують освітню політику в межах автономії університетів [4], однак наразі відсутня єдина стратегія: маємо лише локальні практики (кейси) цифрової трансформації вітчизняних ЗВО й започаткування нових STEM-орієнтованих освітніх програм. Одним з таких проєктів є розбудова SMART-університету, що реалізується у ТНПУ (<http://tnpu.edu.ua/news/5781>).

З іншого боку, поряд із глобальними процесами технологізації, переходу до нових ринків праці, швидкого поширення технологій, кластеризації навичок та компетентностей, що є визначальними векторами впливу на освітні політики та системи, з 2019 р. до них доєднався ще один чинник, який впливає на переорієнтацію цілей, засобів і здатностей, – глобальна пандемія, зумовлена COVID-19. Дорогі ресурси, вкладені освітніми установами в облаштування лабораторій та майданчиків, придбання ліцензій на віртуальні лабораторії, тренажери та інше обладнання, що забезпечували набуття практичного досвіду студентів у галузях, які орієнтовані на підготовку STEM-фахівців, в умовах запровадження дистанційних технологій та використання студентами BYOD («bring your own device», або «принеси свій власний пристрій») призводять до необхідності формування таких освітніх стратегій, що забезпечують якісну підготовку майбутніх фахівців в умовах невизначеності стосовно вибору моделі навчання (онлайн чи офлайн) та адаптуються до вимог часу [2].

**Мета статті:** на основі дослідження моделей та ресурсного забезпечення навчання STEM-дисципліни створити узагальнену модель як орієнтовну основу забезпечення якісного навчання в умовах невизначеності.

За результатами аналізу науково-педагогічної літератури варто відзначити розмежування понять «STEM-освіта», «STEM-навчання», «STEM-підхід». Ми спиратимемось на визначення О.Є. Стрижака [7], який вважає, що STEM-освіта – це педагогічна технологія формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей учнів / студентів, рівень яких визначає конкурентоспроможність особистості на сучасному ринку праці. У вужчому розумінні: через STEM-підхід до навчання здійснюється інтеграція змісту і методології природничих наук, технологій, інженерії та математики і логічного мислення у співпраці та дослідженнях. У навчальних закладах України STEM-освіта впроваджується за різними етапами та моделями, однак переважна більшість наукових розвідок з цього питання стосується закладів загальної середньої освіти [1; 9].

Ряд зарубіжних публікацій у фахових виданнях, присвячених STEM-освіті (наприклад, *Journal for STEM Education Research*, *International Journal of STEM Education*), описують різні моделі інтеграції STEM-дисциплін, а також основні проблеми, недоліки та переваги впровадження STEM-підходу [16]. При цьому актуалізується застосування міждисциплінарного підходу до вивчення STEM-дисциплін, оскільки набуття студентами предметних компетентностей з математики, фізики, робототехніки, інженерії, біотехнологій, тощо через розв'язування практичних завдань, які лежать на стику предметних галузей, за допомогою математичних моделей та інженерних рішень, цифрових інструментів та технологічних інновацій сприяє формуванню готовності майбутніх фахівців до опанування нових професій, розвитку інноваційного мислення та підприємливості.

Зазначимо, що науковий та інженерний методи є основою будь-якого процесу дослідження незалежно від галузі пізнання. Обидва методи відпрацьовувалися протягом значного часу і на сьогодні визнані міжнародною науковою спільнотою основними засобами для здійснення наукової та навчально-дослідницької діяльності. Їх контекстний зміст й етапи, міждисциплінарний характер і приклади застосування у навчальному процесі старшої і вищої школи висвітлено у статті І. Сліпухіної та І. Чернецького [6].

Загалом організація навчальної діяльності студентів у ЗВО може відбуватися за моделлю традиційного, змішаного чи дистанційного навчання [3]. Проте нерідко виникає потреба реалізації сценаріїв гібридного навчання [10], коли, наприклад, частина студентів не може відвідувати очні заняття. Разом з тим навчання STEM-дисциплін передбачає використання обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення, що відповідно, актуалізує потребу педагогічного дизайну навчальних курсів згідно з можливостями ЗВО та кваліфікацією викладачів. Наприклад, у моделі традиційного навчання відповідно до рівнів формування розумових навичок за таксономією Б. Блума [8] запам'ятовування та розуміння основних предметних категорій навчальних дисциплін може відбуватися з використанням електронних ресурсів (онлайн, синхронно), а формування практичних навичок використання, аналізу, оцінювання та створення результатів навчальної діяльності – у відповідних лабораторіях офлайн під час індивідуальної проектної діяльності чи в групах, що працюють над виконання конкретного кейсу або проектного завдання. Як правило, це передбачає асинхронну взаємодію відповідно до розкладу, кількості / наповнюваності спеціалізованих лабораторій навчального закладу. Через дороговартісне обладнання та швидкість зміни технологій заклади вищої освіти «звертаються» до практики повторного або асинхронного використання обладнання. Наприклад, для конструювання роботів під час навчання основ робототехніки у ТНПУ в умовах традиційного навчання конструктори використовувалися за такою моделлю: проектна група у складі академічної групи виконує завдання з використання однієї моделі конструктора, після захисту проекту навчальну модель розбирають і приступають до нового завдання, тоді, як інша група працює з іншою моделлю конструктора. Завдання групи отримують асинхронно, обговорення моделі на першому етапі циклу відбувається напередодні заняття, а конструювання робота, його програмування і тестування – безпосередньо на навчальному занятті.

В умовах змішаного навчання процеси засвоєння предметних навичок здійснюються асинхронно, напередодні заняття за допомогою обговорень і консультацій, презентацій та опанування навичок роботи з реальними технологіями, лабораторним обладнанням чи конструкторами, а застосування набутих знань та умінь, а також аналіз отриманих результатів у практичних завданнях – через використання віртуальних лабораторій, симуляторів,

електронних тренажерів. Після цього, оцінювання отриманих результатів та безпосереднє створення результату (прототипу чи діючої моделі) реалізується під час аудиторних занять (офлайн) індивідуально або в групі.

За умов дистанційного навчання усі складові піраміди Б. Блума формуються за допомогою дистанційних технологій та цифрових інструментів. При цьому можливі наступні варіанти:

- ЗВО може забезпечити студентів необхідним обладнанням чи програмним забезпеченням (для персонального користування або користування у спеціалізованих лабораторіях віддалено чи за окремим графіком);
- ЗВО забезпечує окрему групу необхідними засобами, студенти делегують окремі етапи роботи над виконанням завдання цій групі «технічної підтримки»;
- навчальна програма переорієнтовується на застосування винятково віддалених, цифрових інструментів, які формують визначені компетентності студентів.

У кожному із зазначених вище варіантів дизайн навчальної дисципліни може будуватися за одним із підходів:

- послідовний – підхід, який базується на педагогічній технології скафолдингу, згідно з яким педагогічний дизайн навчального курсу будується так, що кожен етап навчальної діяльності студентів підкріплюється електронними допомогам, які забезпечують у них послідовне формування навчального досвіду, і ці допомоги ініційовані авторами курсу чи запитам студентів;
- активний – можливість безпосередньої взаємодії із викладачем, консультантом, службою технічної чи програмної підтримки, використання синхронних онлайн зустрічей на різноманітних платформах дистанційного навчання, відео пояснення з активним контентом, використання можливостей платформ адаптивного навчання чи застосування чат-ботів для вирішення типових проблем;
- гібридний – поєднання практичного досвіду, який транслюється онлайн, доповненого цифровими інструментами, що опирається на можливість двохсторонньої трансляції завдання-результат між тим, хто навчає, і тими, хто навчається, через залучення прийомів міжгрупової взаємодії, взаємонавчання через навчальні форуми та онлайн-обговорення;
- інтерактивний – організація співпраці між студентами міжрічних груп, залучення постачальників та роботодавців, особливо на практичних курсах, де спільні цифрові навчальні простори створені на основі побудови нових спільнот практики.

Перехід до дистанційного та змішаного навчання в умовах COVID-19 спричинив переосмислення підходу до розробки курсів [11]. Зважаючи на навантаження студентів і необхідність соціальної взаємодії, ЗВО використовують як відомі педагогічні прийоми, які підтримують попереднє планування та інтегрують різноманітні інтерактивні завдання, що допомагають підтримувати взаємодію, так і вдаються до нових. Так, в Единбурзькому університеті (Велика Британія) підхід, який використали для проектування навчальних курсів з практичним змістом, передбачав, що 2 год. лекцій на 1 год. практичних / лабораторних занять на тиждень були замінені іншими заходами, перемешованими короткими 10-хвилинними відео, поєднаними з вправами та питаннями для групового обговорення за підтримки дискусійних дощок і щотижневих синхронних сесій запитань і відповідей. Студенти позитивно оцінили новий формат. Примітно, хоча кількість низьких оцінок була вищою, ніж у попередні роки, що обумовлено карантинними обмеженнями та відсутністю рівного доступу до якісної освіти, успішність студентів з вищими показниками була настільки ж хорошою чи кращою за попередні роки [12].

Розуміючи незворотність цифровізації освіти та ризики, пов'язані з пандемією COVID-19, ЗВО можуть розробляти власні платформи для переведення практичного досвіду у цифровий (наприклад, <http://manlab.inhost.com.ua/>) або надавати підписку своїм студентам до світових ресурсів. Одним з таких ресурсів є середовище OpenSTEM Labs (<http://stem.open.ac.uk/study/openstem-labs>), яке поєднує повністю цифрові модельовані «експерименти» з віддаленим доступом до фізичних інструментів для підтримки та реалізації власних навчальних концепцій. Працюючи в час пандемії, платформа здобула більше 10000 додаткових користувачів у Великій Британії та в усьому світі, забезпечивши адаптацію до

практичного навчання онлайн протягом періоду обмежень. У березні- квітні 2020 р. доступ до віртуального мікроскопа OpenSTEM досяг понад 1000 користувачів на день і в середньому кількість користувачів у 2020 р. зроста майже на 300 % порівняно з 2019 р. Лабораторія OpenScience, складова цієї платформи, забезпечує понад 100 практичних наукових робіт з екранними приладами, обладнанням для віддаленого доступу та науковими платформами. Цифрова обсерваторія OpenScience надає доступ до багатьох астрономічних телескопічних установок. Лабораторія OpenEngineering пропонує практичне викладання на базі цифрових лабораторій і охоплює електроніку, обробку сигналів, управління, матеріали та машинобудування. Так, студенти-інженери можуть віддалено підключатись у реальному часі до приладів, даних та обладнання для реальних і справжніх експериментів та досліджень. Нині в лабораторії представлено 31 експеримент, що охоплює машинобудування, електроніку, управління, матеріали та робототехніку. Лабораторія OpenHealth включає експерименти з використанням цифрового мікроскопа та 93 наборів дослідницьких екземплярів, 320 екземплярів для дослідження питань гістології та гістопатології й інші цифрові дослідницькі інструменти. Лабораторія OpenComputing пропонує, крім можливості дослідити ефективність розподілених обчислень за допомогою кластера Raspberry Pi для вирішення процесорозємних завдань, й мережне середовище для моделювання через вебінтерфейс, до якого можна отримати доступ з будь-якого браузера або як віджет всередині інтерактивної електронної книги. Технологія базується на мережевому симуляторі Packet Tracer для Windows та Linux, розробленому мережевою академією Cisco. Але доступ до зазначених лабораторій можливий за умов вступу у Відкритий університет, який зареєстрований Королівською хартією Великої Британії, що передбачає доступ до безкоштовних і платних ресурсів.

Для навчальних закладів з обмеженим фінансовим забезпеченням альтернативою, яка пропонується студентам, є використання цифрових ресурсів із відкритим кодом [13]. Наприклад, при навчанні робототехніки, автоматизації будинків та промислової автоматизації магістрантів Університету Ла-Саль (Іспанія) навесні 2020 р. було використано Robot Ignite Academy (<https://www.robotigniteacademy.com/>), що надає платформу для викладання Robot Operating System (ROS). ROS – це програмне забезпечення із відкритим кодом, що включає набір бібліотек та інструменти, які допомагають розробникам створювати програмне забезпечення для роботів. Воно забезпечує апаратну абстракцію, драйвери пристроїв, бібліотеки, візуалізатори, передачу повідомлень, управління пакетами і багато іншого. Для студентів було запропоновано вже налаштоване середовище для тренувань із симуляціями в комп'ютері кожного, що не вимагало встановлення на комп'ютерах студентів. Використовуючи інтерфейс Robot Ignite Academy, кожен студент почергово міг підключитися до справжнього робота зі свого місця проживання і протестувати свої програми ROS на реальному роботі. Подібний досвід використовується у навчанні спецкурсу «Основи робототехніки» для студентів фізико-математичного факультету ТНПУ. Під час навчання модуля з вивчення кінематики робототехнічних систем студенти надсилали свої проекти у систему Moodle, а викладач під час заняття демонстрував поведінку робота, яка реалізовувала відповідну програму, після чого автор програмного проєкту міг внести свої корективи у програму чи зробити висновки про її відповідність поставленому завданню.

Узагальнюючи досвід навчання STEM-дисциплін в українських та зарубіжних ЗВО варто зазначити про відсутність єдиного підходу до його організації та ресурсного забезпечення. Разом з тим, враховуючи потребу гнучкого реагування на виклики, пов'язані із пандемією COVID-19, нами розроблено модель поведінки викладачів STEM-дисциплін за умов невизначеності щодо моделі організації навчання (рис. 1).

Пропонована модель може слугувати основою для здійснення аналізу потреб і можливостей ЗВО щодо реалізації ефективного навчання STEM-дисциплін в умовах невизначеності, зокрема спричинених COVID-19, витрат та альтернативних способів організації навчального процесу в ЗВО.

Зважаючи на важливості STEM-освіти для забезпечення інтегрованого формування наукових і практичних знань шляхом здобування автентичного практичного досвіду (особистісний аспект) з одного боку, та підготовки здобувачів освіти до подальшого навчання і працевлаштування відповідно до вимог XXI ст. (соціальний аспект) – з іншого, подальша

## ОБГОВОРЮЄМО ПРОБЛЕМУ

робота бачиться у напрацюванні методичних рекомендацій за результатами практичної реалізації запропонованої моделі при навчанні окремих STEM-дисциплін у різних ЗВО.

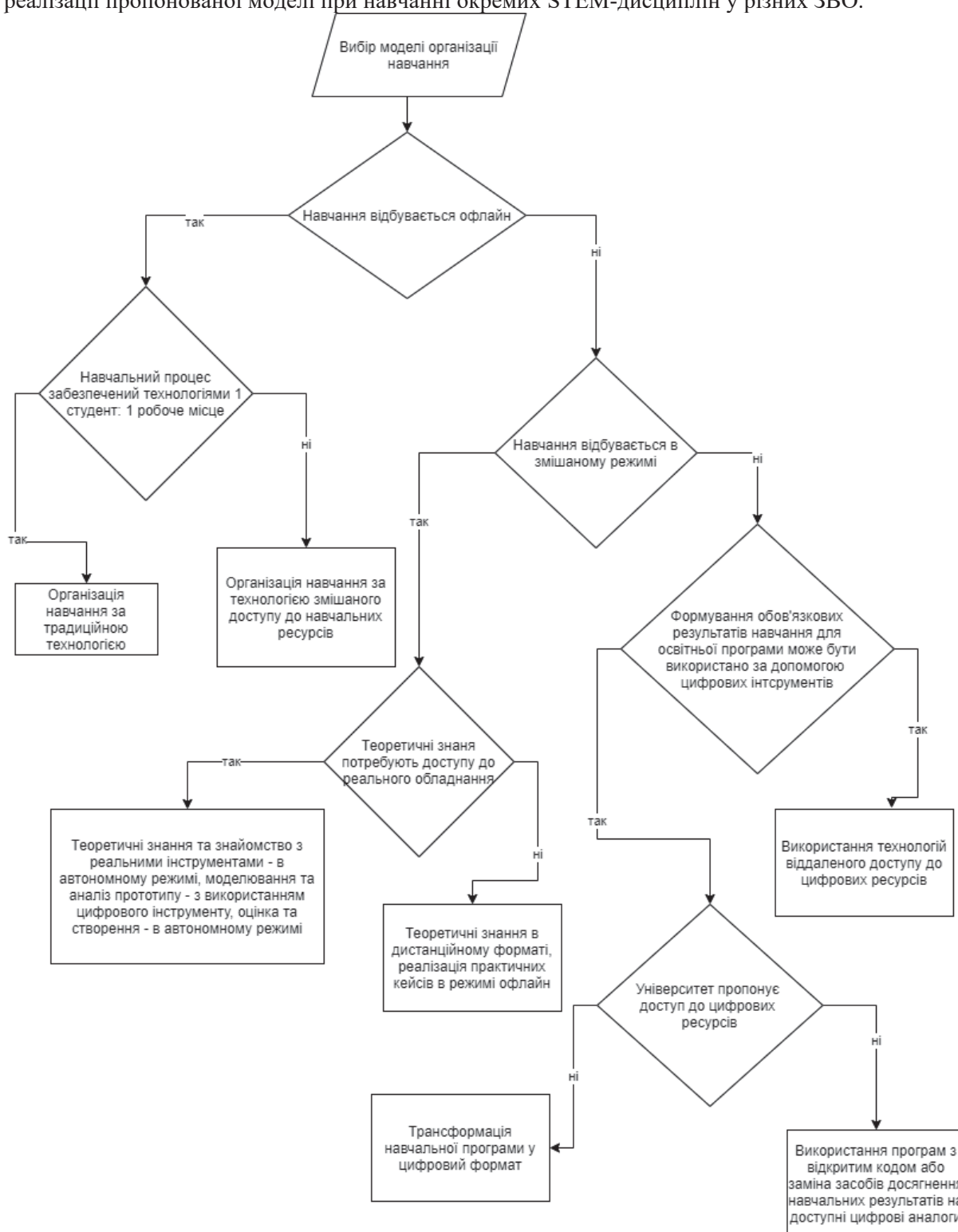


Рис. 1. Модель поведінки викладачів STEM-дисциплін за умов невизначеності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Барна О. В. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес: збірник матеріалів I регіональної науково-практичної вебконференції*, м. Тернопіль: ТОКІШПО. Тернопіль, 2017. С. 3–8. URL: <http://clar.ipho.edu.te.ua:8080/handle/123456789/4559>

2. Барна О. В., Кузьмінська О. Г. Визначення готовності закладу вищої освіти до цифрової трансформації. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 30 квітня 2020 р. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2020. С. 92–94. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/15374>
3. Кузьмінська О. Г. Перевернуте навчання: практичний аспект. *Інформаційні технології в освіті*. 2016. № 1 (26). С. 86–98.
4. Кузьмінська О. Г., Нанаєва Т. В. Освітня політика та інформаційні технології: як досягти системного ефекту? *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. № 52. Вип. 2. С. 121–132.
5. Морзе Н. В., Нанаєва Т. В., Омельченко Н. О. STEM в освіті: навч. посібник. К.: ACCORD GROUP, 2018. 114 с.
6. Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів. *Вища освіта України: теоретичний та науково-методичний часопис*. № 3. Додаток 1: Інтеграція вищої освіти і науки. К., 2015. С.216–225.
7. Стрижак О. С., Сліпухіна І. А., Полісун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62. № 6. С. 16–33.
8. Cheung, W. S. & Hew, K. F. (2011). Design and evaluation of two blended learning approaches: Lessons learned. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27 (8). Retrieved from: <https://doi.org/10.14742/ajet.896>
9. Haesen, S., Van de Put, E. (2018 September). STEAM Education in Europe: A Comparative Analysis Report. EuroSTEAM. 82 p. Retrieved from: <https://www.stemnetwork.eu/wp-content/uploads/sites/14/2020/09/STEM-Education-in-Europe-a-Comparative-Analysis-Report-Erasmus.pdf>
10. John Spencer (2020). 5 Models for Making the Most Out of Hybrid Learning. Retrieved from: <https://spencerauthor.com/5-hybrid-models>
11. Ozadowicz Andrzej. Modified Blended Learning in Engineering Higher Education during the COVID-19 Lockdown-Building Automation Courses Case Study. *Education Sciences*. 2020. 10 (10):292. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/10/292/htm>
12. QAA, The Impact of Good Practice in Digital Delivery on Student Engagement, Progression and Achievement. Retrieved from: [www.qaa.ac.uk/docs/qaa/guidance/the-impact-of-good-practice-in-digital-delivery-on-student-engagement-progression-and-achievement.pdf](http://www.qaa.ac.uk/docs/qaa/guidance/the-impact-of-good-practice-in-digital-delivery-on-student-engagement-progression-and-achievement.pdf)
13. Ricardo Tellez. Teaching Robotics to University Students from Home. Retrieved from: <https://www.theconstructsim.com/teaching-robotics-from-home/>
14. Strutynska, O., Umryk, M. (2019). Learning StartUps as Project Based Approach in STEM Education E. Smyrnova-Trybulska (ed.). *E-learning and STEM Education «E-learning»*. Vol. 11. P. 529–555. Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/2020/01/Elearning-11.pdf>
15. The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. Retrieved from: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf)
16. Yeping Li, Ke Wang, Yu Xiao, Jeffrey E. Froyd (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications, in *International Journal of STEM Education*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>

## REFERENCES

1. Barna O. V., Balyk N. R. Vprovadzhennia STEM-osvity u navchalnykh zakladakh: etapy ta modeli [Introduction Of Stem-Education In Educational Institutions: Stages And Models]. *STEM-osvita ta shliakhy yii vprovadzhennia v navchalno-vykhovnyi protses: zbirnyk materialiv I rehionalnoi naukovopraktychnoi vebkonferentsii*, m. Ternopil: TOKIPPO. Ternopil, 2017. S. 3–8. Retrieved from: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/handle/123456789/4559>
2. Barna O. V., Kuzminska O. H. Vyznachennia hotovnosti zakladu vyshchoi osvity do tsyfrovoi transformatsii [Determining The Readiness Of Universities For Digital Transformation]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy*: materialy IV Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, m. Ternopil: TNPU im. V. Hnatiuka. Ternopil, 2020. S. 92–94. Retrieved from: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/15374>
3. Kuzminska O. H. Perevernute navchannia: praktychnyi aspekt [Inverted Learning: A Practical Aspect]. *Informatsiini tekhnolohii v osviti*. 2016. №. 1 (26). S. 86–98.
4. Kuzminska O. H., Nanaieva T. V. Osvitnia polityka ta informatsiini tekhnolohii: yak dosiahty systemnoho efektu? [Achievement Of Policy And Information Technologies: How To Reach The System Effect?] *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. 2016. №. 52. Vyp. 2. S. 121–132.
5. Morze N. V., Nanaieva T. V., Omelchenko N. O. STEM v osviti [STEM In Education]: navch. posibnyk. K.: ACCORD GROUP, 2018. 114 с.



6. Slipukhina I. A., Chernetskyi I. S. Doslidnytska diialnist studentiv u konteksti vykorystannia naukovooho y inzhenernoho metodiv [Slipukhina I. A., Chernetskyi I. S. Research Activities Of Students In The Context Of The Use Of Scientific And Engineering Methods]. *Vyshcha osvita Ukrainy: Teoretychnyi ta naukovometodychnyi chasopys*. № 3. Dodatok 1: Intehratsiia vyshchoi osvity i nauky. Kyiv, 2015. S.216-225.
7. Ctryzhak O. Ye., Slipukhina I. A., Polisin N. I., Chernetskyi I. S. STEM-osvita: osnovni defynitsii [Ctryzhak O. Ye., Slipukhina I. A., Polisin N. I., Chernetskyi I. S. STEM Education: Basic Definitions]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. 2017. T. 62, № 6. S. 16–33.
8. Cheung, W. S., & Hew, K. F. (2011). Design and evaluation of two blended learning approaches: Lessons learned. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27 (8). Retrieved from: <https://doi.org/10.14742/ajet.896>
9. Haesen, S., & Van de Put, E. (2018 September). STEAM Education in Europe: A Comparative Analysis Report. EuroSTEAM. 82 p. ISBN 9789090311968. Retrieved from: <https://www.stemnetwork.eu/wp-content/uploads/sites/14/2020/09/STEM-Education-in-Europe-a-Comparative-Analysis-Report-Erasmus.pdf>
10. John Spencer (2020) 5 Models for Making the Most Out of Hybrid Learning. Retrieved from: <https://spencerauthor.com/5-hybrid-models/>
11. Ozadowicz Andrzej. Modified Blended Learning in Engineering Higher Education during the COVID-19 Lockdown – Building Automation Courses Case Study. *Education Sciences*, vol. 10, no. 10, 2020, p. 1af. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/10/292/htm>
12. QAA, The Impact of Good Practice in Digital Delivery on Student Engagement, Progression and Achievement. [www.qaa.ac.uk/docs/qaa/guidance/the-impact-of-good-practice-in-digital-delivery-on-student-engagement-progression-and-achievement.pdf](http://www.qaa.ac.uk/docs/qaa/guidance/the-impact-of-good-practice-in-digital-delivery-on-student-engagement-progression-and-achievement.pdf)
13. Ricardo Tellez Teaching Robotics to University Students from Home. Retrieved from: <https://www.theconstructsim.com/teaching-robotics-from-home/>
14. Strutynska, O., & Umryk, M. (2019). Learning StartUps as Project Based Approach in STEM Education. E. Smyrnova-Trybulska (ed.). *E-learning and STEM Education «E-learning»*. Vol. 11. pp. 529-555. Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. ISSN: 2451-3644 (print edition). Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/2020/01/Elearning-11.pdf>
15. The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum Retrieved from: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf)
16. Yeping Li, Ke Wang, Yu Xiao, Jeffrey E Froyd (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*. Retrieved from: 10.1186/s40594-020-00207-6