

**PETRUCHENKO Oksana Stepanivna** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Mechanics of Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy.

*Circle of research interests:* professional training of future military specialists.

**PINCHUK Iryna Volodymyrivna** – PhD in Economics, Scientific Collaborator of the Center of Language Testing of Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy.

*Circle of research interests:* professional training of future military specialists.

**TERESHCHUK Oksana Volodymyrivna** – PhD in Physics and Mathematics Sciences, Senior Lecturer of the Department of Engineering Mechanics of Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy.

*Circle of research interests:* professional training of future military specialists.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**ГУЗИК Надія Миколаївна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інженерної механіки (озброєння та техніки інженерних військ) Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх військових спеціалістів.

**ЛІЩИНСЬКА Христина Іванівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки (озброєння та техніки інженерних військ)

Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх військових спеціалістів.

**ПЕТРУЧЕНКО Оксана Степанівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки (озброєння та техніки інженерних військ) Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх військових спеціалістів.

**ПІНЧУК Ірина Володимирівна** – кандидат економічних наук, науковий співробітник науково-дослідного відділення мовного тестування навчально-наукового центру мовної підготовки Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх військових спеціалістів.

**ТЕРЕЩУК Оксана Володимирівна** – кандидат фізико-математичних наук, старший викладач кафедри інженерної механіки (озброєння та техніки інженерних військ) Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх військових спеціалістів.

*Дата надходження рукопису 16.04.2019р.*

УДК 53(07)

**ГУЛАЙ Ольга Іванівна** –

доктор педагогічних наук, доцент,  
професор кафедри матеріалознавства

Луцького національного технічного університету

ORCID ID 0000-0002-1120-6165

e-mail: hulay@i.ua

**ФУРС Тетяна Василівна** –

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри матеріалознавства

Луцького національного технічного університету

ORCID ID 0000-0002-4786-9980

e-mail: t.furs@ukr.net

**ШЕМЕТ Василина Ярославівна** –

кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри матеріалознавства

Луцького національного технічного університету

ORCID ID 0000-0001-8952-5097

e-mail: shemet5@i.ua

#### STEM-СПРЯМУВАННЯ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧОНАУКОВИХ ДИСЦИПЛІН У ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** Протягом останнього десятиліття STEM-напряму здобув світове визнання як один із основних акцентів сучасних реформ у сфері природничої та технічної освіти. STEM (наука, технологія, інженерія та математика) передбачає вивчення та послідовну інтеграцію між різними навчальними

дисциплінами від початкової школи до закладів вищої освіти. Передбачається, що освіта STEM дає можливість учням і студентам розвивати такі важливі навички 21 століття, як спроможність комплексного вирішення проблем, уміння спілкування та хист до співпраці. Формується готовність до роботи в технологічно розвиненому

світі, що є життєво важливим для конкурентоздатності особистості зокрема і країни загалом у глобальній економіці.

У XXI столітті спостерігаємо не тільки взаємний вплив, але й взаємне проникнення технологій, коли межі між окремими технологіями стираються, а найцікавіші й неочікувані результати з'являються саме на стику наук. Логіка розвитку науки визначає перехід від вузької спеціалізації до міждисциплінарності, що зумовлює перспективу якісного зростання технологічних можливостей індивідуального і суспільного розвитку людини [8]. У цьому аспекті STEM концепція інтегрованого навчання є надзвичайно актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Концептуально-порівняльний аналіз STEM орієнтованих підходів здійснено у роботі [11]. За основу приймаємо до уваги загальне визначення STEM-освіти як педагогічної технології формування і розвитку розумовізнавальних і творчих якостей учнів / студентів, рівень яких визначає конкурентну спроможність 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.

Бар'єри і виклики на шляху успішного впровадження STEM освіти в Україні проаналізовано у роботі [3], зарубіжний досвід – у публікаціях [2; 5]. Останніми роками з'являються численні навчальні матеріали, навчальні програми та інструкції з навчання, пов'язані з STEM. Викладачі та дослідники все частіше висвітлюють потенційні переваги використання інформаційних і комунікаційних освітніх технологій для покращення результатів навчання [14]. Міждисциплінарна програма для вивчення науки, техніки та комп'ютерних наук представлена у роботі [1]. Дизайн курсу поєднує контекстуальне, проектно-орієнтоване та інтегроване навчання, широке використання інформаційних та комп'ютерних технологій (ІКТ). Прикладом застосування концепції STEM при вивченні природничих наук є реструктуризований курс з питань харчування людини [13]. Виклики і потенції розвитку наукового навчання на основі STEM у молодшій школі проаналізовано у роботі [9].

Принципи і підходи до організації STEM-освіти щодо підготовки біологів та екологів у класичному університеті виокремлено у дослідженні [10]. Форматом такої освіти запропоновано наукову студентську групу в межах STEM-лабораторії із проблем цитоекології, у роботі якої і реалізовані відібрані принципи навчання у позааудиторний час.

Не менш важливим є впровадження окресленого підходу у практику вищої технічної освіти. Професії STEM є одними з найбільш високооплачуваних, найбільш швидко зростаючих і найвпливовіших у економічному зростанні та інноваціях [4]. Однак навчання за традиційною структурою довгий час не дозволяє студентам

відчутти себе інженерами, оскільки перші курси присвячені вивченню фундаментальних дисциплін. В американських ЗВО близько 40 % студентів інженерних спеціальностей змінюють напрям на нетехнічний або не завершують навчання. У Німеччині кількість студентів які припиняють здобувати освіту за більшістю інженерних напрямів зросла за останнє десятиліття на 10 % і становить 25-35 % чисельності студентів, за спеціальностями із підвищеними вимогами до математичної підготовки – до 40 % [7]. Подібні тенденції спостерігаємо також і у вітчизняних ЗВО. На початкових курсах проблеми успішності найчастіше пов'язані із труднощами у вивченні фізико-математичних дисциплін. Тому зміни у методології викладання є нагальними і актуальними [6].

**Мета статті:** реалізація STEM-підходу при навчанні дисципліни «Фізика і хімія твердого тіла» під час підготовки майбутніх інженерів-матеріалознавців.

**Методи дослідження:** теоретичні – аналіз психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, навчальних планів і програм – для виявлення стану досліджуваної проблеми; аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, проектування – для розробки методик викладання, емпіричні методи – пряме, опосередковане, включене спостереження для дослідження ефективності розроблених методик.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо процес реалізації STEM-підходу у технічному університеті при підготовці бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство. Дисципліну «Фізика і хімія твердого тіла» обсягом 9 кредитів (270 годин, з яких 60 – лекції, 60 – лабораторні, 15 – практичні заняття, 135 – самостійна робота) викладають на 2 курсі бакалаврату. Лабораторний практикум містить комплекс робіт, що охоплюють як загальні, так і спеціальні питання з різних розділів даної дисципліни [12]. Запропоновано два принципово різні методичні підходи у виконанні завдань з експериментального визначення густини твердих тіл.

Варто відзначити, що чітке розуміння змісту фізичного терміну «густина», а також питання дослідження і визначення її величини, має особливо важливе значення і є в певній мірі основою для підготовки фахівців-матеріалознавців. Осягнувши суть поняття густини, студент усвідомлює, що ця індивідуальна характеристика визначається природою (хімічним складом) і будовою. У такий спосіб він вчиться розрізняти речовини, вивчає матеріали на їх основі і в майбутньому зможе робити правильний вибір для їх ефективного технічного використання, а також створювати нові матеріали із заданими властивостями.

Перед виконанням лабораторної роботи на тему «Визначення густини твердих тіл» студенти розподіляються на кілька підгруп, кожній з яких видається по три наважки різних металів, наприклад, мідь, алюміній і цинк. Викладач ставить завдання, яке полягає у виборі методу дослідження і

визначення густини даних металів. Робота починається з візуального огляду наважок, оцінки їх розмірів, форми і стану поверхні. З'ясовується, що частинки металів кулястої і циліндричної форми, різних розмірів порядку декількох міліметрів, переважно нерівномірно гладкої поверхні.

В ході обговорення з'ясовується, що густина – це величина, що дорівнює відношенню маси речовини  $m$  до її об'єму  $V$ :

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

У міжнародній системі одиниць СІ густина має розмірність  $\text{кг}/\text{м}^3$ , похідні одиниці –  $\text{г}/\text{мл}$ ,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Подальший аналіз теоретичних даних за участі викладача дозволяє виокремити поняття відносної густини (символ  $d$ , величина безрозмірна), що є відношенням густини даної речовини до густини речовини-еталона.

Таким еталоном, або стандартною речовиною, може бути чиста вода при тиску 101325 Па (1атм) і температурі 3,98°C або сухе повітря при нормальних умовах (101325 Па, 0 °C). Оскільки густина і відносна густина залежать від температури, підрядковим індексом вказують температуру, при якій визначають густина.

У процесі теоретичної підготовки з'ясовується, що існує декілька методів визначення густини твердих речовин: метод суспензій, гідростатичний, пікнометричний та ін. Перед студентами постає завдання вибору ефективного способу для виконання експерименту. Встановлено, що метод гідростатичного зважування найчастіше використовують для визначення густини монокристалу або монолітного компактного матеріалу. Одним із основних джерел похибок при гідростатичному зважуванні твердої речовини є вплив поверхневого натягу і в'язкості рідини, що знижує чутливість терезів. Крім того, цей метод ускладнюється тим, що потрібна спеціальна підготовка твердої речовини, яка не повинна включати навіть дрібних пухирців повітря і не мати порожнин та тріщин. Метод суспензій більш чутливий, але менш зручний. Для його проведення потрібний набір імерсійних рідин із різними густинами. Досліджуваний зразок поступово занурюють в імерсійну рідину. Густина тієї ж рідини, у якій зразок не впливає і не тоне, відповідає густині речовини. Для отримання точних даних у цих же умовах вимірюють рідину цієї імерсійної рідини. Якщо ж речовина є дрібнодисперсного розміру, густина визначається пікнометричним методом.

Проаналізувавши кожний метод з урахуванням переваг і недоліків, зроблено висновок про доцільність використання пікнометричного методу для визначення густини пропонованих металів, оскільки він найбільш ефективний при дослідженні густин тіл малих розмірів з нерівномірним рельєфом поверхні.

Під час планування експерименту студенти ознайомлюються з пікнометром, його видами і

призначенням. Пікнометр – фізико-хімічна скляна посудина спеціальної форми (кулястої або циліндричної) з міткою на видовженій тонкій шийці, яка визначає його об'єм (10, 25, 50, 100 мл). Цей вид мірної колби застосовується для вимірювання густин газів, рідин і твердих речовин. Пікнометр був винайдений Д. І. Менделєєвим ще у 1859 році, використовується і донині.

Для експериментального визначення густини необхідне проведення серії наступних зважувань на аналітичних терезах:

- 1) досліджуваної речовини на повітрі ( $m$ );
- 2) пікнометра, наповненого до мітки дистильованою водою, на повітрі ( $M$ );
- 3) пікнометра, наповненого до мітки дистильованою водою із зануреною в неї досліджуваною речовиною, на повітрі ( $M_B$ ).

Згідно методики для отримання максимально достовірного результату, необхідно провести не менше трьох таких послідовних зважувань наважок кожного металу.

З метою стимулювання розумових здібностей і використання на практиці набутої теоретичної інформації при вивченні природничих дисциплін, перед студентами ставиться завдання виведення робочої формули для визначення густини твердих тіл на основі результатів серії трьох зважувань.

Подальші міркування над поняттям густини у взаємозв'язку з масою та об'ємом дозволяють студентам висунути правильну ідею для вирішення поставленого завдання. Було запропоновано об'єм досліджуваної речовини виразити відношенням маси витісненої дистильованої води до її об'єму. Масу води  $m_B$ , яка була витіснена з пікнометра при зануренні у нього твердого тіла, визначили за наступною формулою:

$$V = (m + M + M_D) / \rho_B,$$

де  $m$  – маса твердого тіла;

$M$  – маса пікнометра, наповненого до мітки дистильованою водою;

$M_B$  – маса пікнометра, наповненого до мітки дистильованою водою із зануреною в неї досліджуваною речовиною.

Наступний проміжний висновок: маса витісненої дистильованої води вище мітки пікнометра відповідає об'єму зануреного твердого тіла. Тому, поділивши масу води на густину води, одержали формулу для визначення об'єму досліджуваного твердого тіла:

$$V = (m + M + M_D) / \rho_B.$$

У кінцевому результаті завдяки використанню знань з фізики, хімії і оперування математичними операціями отримано кінцеву формулу для визначення густини твердих тіл за даними пікнометричних досліджень:

$$\rho = \frac{m \rho_B}{m + M + M_B}$$

Перед проведенням експериментів викладач пояснює про важливість дотримання правил точного зважування і виконання розрахунків, старанності і

зосередженості при виконанні послідовних дій для отримання максимально достовірного результату. Усвідомлюючи необхідність і значимість висловлених настанов для успішного довершення експериментальних досліджень, усі зважування студенти здійснюють на аналітичних вагах з точністю до 1 мг. При заповненні пікнометра водою стежать за тим, щоб у ньому не залишались бульбашки повітря. Якщо рівень води у пікнометрі вищий від положення кільцевої мітки на його шийці, то воду з пікнометра акуратно відбирають за допомогою піпетки чи фільтрувального паперу. Потім фільтрувальним папером старанно збирають крапельки води, які залишились на шийці пікнометра і протирають зовнішні стінки пікнометра. Значення густини дистильованої води беруть з поправкою відповідно до температури у лабораторії. З отриманих декількох значень маси наважки металу, маси пікнометра з водою і маси пікнометра з водою та зануреною у нього наважкою для розрахунків густини досліджуваного металу беруть середні арифметичні їх значення. Такі операції проводять при дослідженні наважок усіх трьох металів.

На етапі отримання висновків були обчислені абсолютні і відносні похибки для кількісної характеристики точності вимірювання і отриманих значень густини. Порівнюючи отримані експериментальні дані з теоретичними, роблять висновки про те, що густина, визначена експериментально – це густина реальних кристалів, які мають тріщини, міжатомні порожнини, сторонні вклучення, тоді як теоретичному значенню відповідає густина ідеального кристала.

Постановка завдання наступної лабораторної роботи стосується визначення речовини твердого тіла правильної геометричної форми. Побудова заняття відрізняється нестандартним підходом. Студентам не надається жодної методичної підготовки до даної роботи, тобто відсутній звичний шаблон послідовних кроків для ознайомлення і виконання лабораторного дослідження: тема і мета роботи, перелік необхідного обладнання і приладів, теоретичні відомості і порядок виконання експериментальної частини. А натомість викладач видає кожній підгрупі студентів металічне тіло правильної геометричної форми, природу речовини якого необхідно встановити. Завдання ускладнюється тим, що студенти повинні самостійно скласти інструкцію і підготувати робочий звіт виконаної лабораторної роботи з наявністю усіх стандартних пунктів викладу матеріалу. Такий підхід через теоретичний аналіз і стимулювання розумових здібностей одночасно вчить самостійно знаходити спосіб виконання завдання і в правильній послідовності планувати роботу для її ефективного виконання. Таким чином розвиваються інженерно-дослідницькі якості та креативність у контексті реалізації STEM-підходу.

Перед студентами ставиться проблемне запитання: як можна встановити природу речовини. В ході обговорення завдання в міні-командах

з'ясовується, що одним зі способів визначення речовини, з якої складається фізичне тіло, є обчислення його густини, а потім порівняння одержаного значення з табличними даними густин твердих тіл.

Для вимірювання маси тіла запропоновано використовувати аналітичні ваги з точністю до 1 мг. Об'єм тіл правильної геометричної форми можна легко знайти за відомими формулами геометрії, вимірявши їх лінійні розміри. Знадобилися формули, за якими визначають об'єм паралелепіпеда, циліндра і кулі. Лінійні розміри досліджуваних тіл запропоновано визначати з допомогою штангенциркуля та мікрометра. Зазначимо, що ознайомлення з будовою і специфікою роботи цих інструментів розвивають практичні навички, які необхідні інженерним спеціалістам. Штангенциркуль завдяки наявності додаткової (ноніусної) шкали дозволяє вимірювати розміри тіл з точністю до 0,1 мм, а мікрометр – з точністю до 0,01 мм.

У ході планування і проведення експерименту виникають деякі суперечності, пов'язані з неузгодженістю дій, спровокованою насамперед відсутністю методичних вказівок з експериментальної частини. Саме завдяки критичному мисленню, згуртованості роботи у командах і настановам викладача студенти планують у логічній послідовності етапи дослідження, і тільки після цього приступають до його виконання. Аналіз одержаних результатів визначення густини досліджуваних металічних тіл у порівнянні з довідковими даними (їх також необхідно самостійно знайти у сучасних інформаційних джерелах) є завершальним етапом ідентифікації матеріалів.

Необхідно відзначити з власного практичного досвіду певну зацікавленість та підвищену активність студентів при такому нестандартному підході виконання лабораторної роботи. Нетипові завдання викликають необхідність пошуку інших шляхів підходу до вирішення поставленого завдання і формують творче мислення та фахові компетенції. У такий спосіб уже при вивченні природничо-наукових дисциплін розпочинається фахова підготовка майбутніх інженерно-технічних фахівців, а також формується певний комплекс якостей особистості, який складається з критичного мислення, навичок творчості і роботи в команді.

Виявлено, що розв'язуючи поставлене завдання, студенти залучають до його вирішення усі засадничі аспекти STEM: знання з фізики (науковий метод пізнання світу), використання сучасних технологій, практичні навички, пов'язані з постановкою, реалізацією і коригуванням експерименту (інженерний метод пізнання світу), а також використання математичних знань з урахуванням інструментальних, випадкових і систематичних похибок (математичні інструменти).

**Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок.** Найважливішим результатом застосування STEM-концепції при навчанні

фундаментальних дисциплін у технічному університеті вбачаємо розвиток критичного мислення студентів, зокрема уміння розуміти і будувати логічні зв'язки між фактами, обирати необхідні джерела даних, розв'язувати проблему системно, визначати актуальність і важливість ідей, аргументувати свої думки, виявляти невідповідності і помилки в отриманих даних та у власних судженнях, робити висновки тощо. Вміння аналізувати поставлені завдання, застосовувати набуті знання на практиці, можливість постановки дослідів, його виконання та опрацювання одержаних результатів розвивають творчі здібності і практичні навички студентів і сприяють становленню майбутніх компетентних фахівців.

У ході проведеного дослідження з'ясовано, що теоретичну і практичну основу STEM освіти, спрямованої на формування засад для інновацій технічного і суспільно-економічного рівня, складають фундаментальні знання з природничих дисциплін і математики, які інтегровані у фахові компетенції: здатності до критичного аналізу, креативного, інженерного мислення, командної роботи, готовності до вирішення поставлених завдань тощо.

Подальші дослідження будуть спрямовані на експериментальне встановлення ефективності розроблених методик у реальному навчальному процесі.

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Awad N., Sound M. B. Waves and communication: students' achievements and motivation in learning a STEM-oriented program. *Creative Education*. 2014. Vol. 5. № 23. P.1959–1968. doi: 10.4236/ce.2014.523220.
2. Bybee R. W. Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*. 2010. Vol. 70. № 1. P. 30–35.
3. Бирка М. Ф. Бар'єри і виклики на шляху успішного впровадження STEM освіти в Україні. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*: зб. матеріалів I регіональної наук.-практ. веб-конф. Тернопіль : ТОКІППО, 2017. С. 9–13.
4. Daugherty M. K., Carter V., Swagerty L. Elementary STEM education: the future for technology and engineering education? *Journal of STEM Teacher Education*. 2014. Vol. 49. № 1. P. 45–55. doi: 10.30707/JSTE49.1Daugherty.
5. Gülhan F., Şahin F. The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas. *Journal of Human Sciences*. 2016. Vol. 13. № 1. doi: 10.14687/ijhs.v13i1.3447
6. Гулай О. І. Професійна підготовка в умовах неперервної освіти: методологічні підходи. *Наука і освіта*. 2016. № 10. С. 125–130. doi: 10.24195/2414-4665-2016-10-24.
7. Коваленко О. А., Сапрунова О. STEM-освіта: досвід упровадження в країнах ЄС та США. *Рідна школа*. 2016. № 4. С. 46–49.

8. Матюшенко І. Ю., Бунтов І. Ю. Перспективи конвергенції NBIC-технологій для створення технологічної платформи нової економіки. *Бізнесінформ*. 2012. № 2. С. 66–70.

9. Murnawianto S., Sarwanto S., Rahardjo B. Stem-Based Science Learning In Junior High School: Potency For Training Students' Thinking Skill. *Pancaran Pendidikan*. 2017. Vol. 6. № 4. P. 69–80. doi: 10.25037/pancaran.v6i4.86.

10. Сидорович М. STEM-освіта в підготовці майбутніх біологів і екологів. *Актуальні питання гуманітарних наук: міжвуз. зб. наук. праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. 2018. Вип. 21. Том 2. С.16–166.

11. Стрижак О. Є., Сліпучіна І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62. № 6. С.16–33.

12. Шемет В. Я., Гулай О. І. Хімія твердого тіла: Навч. посібн. Луцьк : Вид. центр ЛНТУ, 2015. 226 с.

13. Torres A. A. L., da Silva Abbad G., Bousquet-Santos K. Advancing teachers while developing new learning materials for professional health education. *Creative Education*. 2014. №5. P. 1254–1259. doi: 10.4236/ce.2014.514141

14. Wu Y.T., Anderson O.R. Technology-enhanced stem (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*. 2015. Vol. 2. P. 245–249. doi: 10.1007/s40692-015-0041-2.

#### REFERENCES

1. Awad, N., & Sound, M. B. (2014). Waves and communication: students' achievements and motivation in learning a STEM-oriented program. *Creative Education*, 5 (23), 1959–1968. doi: 10.4236/ce.2014.523220.
2. Bybee R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), 30–35.
3. Byrka M. F. (2017). Bariery i vyklyky na shliakhu uspishnoho vprovadzhennia STEM osvity v Ukraini [Barriers and challenges to the successful implementation of STEM education in Ukraine]. *Proceedings of the I region conf. «STEM-education and ways of its introduction into the educational process»*, 9–13.
4. Daugherty, M. K., Carter, V., & Swagerty, L. (2014). Elementary STEM education: the future for technology and engineering education? *Journal of STEM Teacher Education*, 49 (1), 45–55. doi: 10.30707/JSTE49.1Daugherty.
5. Gülhan, F., & Şahin, F. (2016). The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas. *Journal of Human Sciences*, 13 (1). doi: 10.14687/ijhs.v13i1.3447
6. Hulai, O. (2016). Profesiina pidhotovka v umovakh neperervnoi osvity: metodolohichni pidkhody [Professional Training in Terms of Continuous

Education: Methodological Approaches]. *Science and Education*, 10, 125–130. doi: 10.24195/2414-4665-2016-10-24.

7. Kovalenko, O. A., & Saprunova, O. (2016). STEM-osvita: dosvid uprovadzhennia v krainakh YeS ta SShA [STEM education: the experience of implementation in the EU and the US.]. *Native school*, 4, 46–49.

8. Matjushenko, Ju. & Buntov, I. Ju. (2012). Perspektyvy konverhentsii NBIC-tehnolohii dlia stvorennia tehnolohichnoi platformy novoi ekonomiky [Perspective convergence of NBIC-technologies for the technological platform of the new economy]. *Businessinform*, 2, 66–70.

9. Murnawianto, S., Sarwanto, S., & Rahardjo, B. (2017). Stem-Based Science Learning In Junior High School: Potency For Training Students' Thinking Skill. *Pancaran Pendidikan*, 6 (4), 69–80. doi: 10.25037/pancaran.v6i4.86.

10. Sidorovich, M. (2018). STEM-osvita v pidhotovtsi maibutnix biolohiv i ekolohiv [STEM-education in preparation of future biologists and ecologists]. *Humanities science current issues: Interuniversity collection of Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University Young Scientists Research Papers*, 21 (2), 160–166.

11. Ctryzhak, O. Ye., Slipukhina, I. A., Polikhun, N. I., & Chernetskyi, I. S. (2017). STEM-osvita: osnovni definitsii [STEM-education: main definitions]. *Information technology and teaching aids*, 62 (6), 16–33.

12. Shemet, V. Ya., & Hulai, O. I. (2015). *Khimiia tverdoho tila* [Chemistry of a solid material]. National Technical University, Lutsk, Ukraine.

13. Torres, A. A. L., da Silva Abbad, G., & Bousquet-Santos, K. (2014). Advancing teachers while developing new learning materials for professional health education. *Creative Education*, 5, 1254–1259. doi: 10.4236/ce.2014.514141

14. Wu, Y.T., & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced stem (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2, 245–249. doi: 10.1007/s40692-015-0041-2.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**ГУЛАЙ Ольга Іванівна** – доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри матеріалознавства Луцького національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** теорія і методика навчання природничонаукових дисциплін у вищих закладах освіти; компетентнісний підхід у неперервному навчанні, отримання матеріалів із заданими властивостями.

**ФУРС Тетяна Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства Луцького національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** дослідження фізичних властивостей напівпровідникових монокристалів;

методика навчання природничонаукових дисциплін у вищих закладах освіти.

**ШЕМЕТ Василя Ярославівна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри матеріалознавства Луцького національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** комплексне вивчення природи взаємодії елементів у багатокомпонентних халькогенідних системах, що містять рідкоземельні метали; дослідження кристалічних структур і фізичних властивостей потрібних і тетраричних сполук; методика навчання природничонаукових дисциплін у вищих закладах освіти.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**HULAI Olha Ivanivna** – doctor of pedagogical sciences, associate professor, professor of department of material science of the Lutsk National Technical University.

**Circle of research interests:** the theory and methodology of teaching natural sciences in higher education institutions; competency approach in the continuous vocational education; creation of new materials with the given properties.

**FURS Tetiana Vasylivna** – PhD., associate professor of department of material science of the Lutsk National Technical University.

**Circle of research interests:** study of physical properties of semiconductor single crystals; methodology of teaching natural sciences in higher education institutions.

**SHEMET Vasylyna Yaroslavivna** – PhD., associate professor of department of material science of the Lutsk National Technical University.

**Circle of research interests:** comprehensive study of the nature of the interaction of elements in multicomponent chalcogenide systems containing rare earth metals; investigation of crystalline structures and physical properties of ternary and tetrary compounds, methodology of teaching natural sciences in higher education institutions.

Дата надходження рукопису 06.04.2019р.