

*Шматков Данії Ігорович,
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики
Української інженерно-педагогічної академії*

*Шелковий Олександр Олександрович
аспірант кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики
Української інженерно-педагогічної академії*

РЕАЛІЗАЦІЯ КАУЗАЛЬНОГО НАВЧАННЯ МОНІТОРИНГУ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ У МЕЖАХ STEM-ОСВІТИ

***Анотація.** Статтю спрямовано на вирішення завдання розробки методу адаптації змісту навчання моніторингу середовища існування на трансдисциплінарному рівні STEM-освіти із урахуванням специфіки дисципліни, що містить велику кількість міждисциплінарних зв'язків, відведеного часу на навчання та засад особистісно орієнтованого підходу. Запропоновано застосування каузальних діаграм як методу дидактичної редукції. Удосконалення забезпечує дослідне навчання через розв'язання завдань та проблем предметної галузі з використанням каузальних діаграм та стандартизоване відображення предметної галузі у відповідності із особливостями інтелектуальних здібностей студента, алгоритмами роботи мислення та пам'яті.*

***Ключові слова:** моніторинг, середовище існування, каузальне навчання, STEM-освіта, каузальна діаграма, дидактична редукція, зміст навчання.*

Постановка проблеми. Обраний напрям сучасної української вищої школи на відповідність світовим освітнім тенденціям обумовлює пошук актуальних та ефективних підходів до навчання та адекватних шляхів впровадження передового досвіду.

Одним з таких підходів є STEM-освіта, що в останні роки активно удосконалюється та впроваджується в навчальних закладах усіх рівнів країн з найпотужнішими економіками світу (США, Європа, Азія). Різні приклади реалізації STEM-освіти свідчать про те, що поєднання науки, технології, інженерії та математики здійснюється в межах однієї дисципліни або в межах цілого навчального плану. Такий напрям здебільшого реалізується через дослідну діяльність та глибоке навчання учнів або студентів та спрямований на формування критичного та аналітичного мислення, лідерства, знань, навичок та якостей, необхідних для роботи в команді, а також реалізації творчості через вирішення оригінальних завдань.

Впровадження підходу передбачає забезпечення високої зв'язності знань учнів або студентів. Особливо актуальним є розгляд цього аспекту в межах університетських дисциплін, які вже є поєднанням декількох галузей знань та напрямів діяльності і містять велику кількість міждисциплінарних зв'язків. Такою дисципліною, зокрема, є «Моніторинг середовища існування», що поєднує предметну галузь дисциплін екологічного циклу через необхідність висвітлення аспектів взаємодії глобальної системи «суспільство-природа», а також предметну галузь дисциплін технічного циклу через необхідність відображення організаційних заходів, методів та засобів здійснення моніторингу середовища існування.

Таким чином, методика навчання моніторингу середовища існування на засадах STEM-освіти повинна містити такі складові, відповідно до яких кількість міждисциплінарних зв'язків повинна розширюватись, а зв'язність знань – підвищуватись.

Поєднання, з одного боку, науки, технології, інженерії та математики, та, з іншого боку, дисципліни екологічного та технічного циклу, повинно підпорядковуватись часу, відведеному на дисципліну відповідно до Державних стандартів вищої освіти, а також інтелектуальним можливостям студента та викладача. Тому необхідною є розробка методів, що забезпечать інтеграцію досвіду STEM-освіти в існуючі навчальні програми та методики навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглянемо відомі розробки, запропоновані українськими вченими за напрямом, що розглядається. У своєму дослідженні [3], присвяченому особливостям навчання дисциплін екологічної спрямованості майбутніх інженерів-педагогів, Г. Кіпоренко пропонує здійснювати навчання моніторингу середовища існування лише на понятійно-аналітичному рівні. За такої умови формування творчого мислення студентів є обмеженим, що є неприпустимим у межах STEM-освіти.

Українськими науковцями здійснено дослідження щодо розробки теоретичних засад впровадження STEM-освіти у вітчизняних умовах. Зокрема, відомими є пошуки, що стосуються удосконалення навичок учителя-природничника з упровадження в навчальний процес методів пізнання природи[4]. У представленому дослідженні зроблено акцент на необхідності впровадження веліт-класів, техноквестів та фахових екскурсій поряд із аудиторною активністю на курсах підвищення кваліфікації вчителів. Проте, засади забезпечення складових «інженерія» та «математика», висвітлено не в повній мірі. В роботі детально наведено удосконалення методики навчання, але, що саме пропонує удосконалити автор та кінцеву форму із урахуванням удосконалень, не наведено.

В дослідженні, присвяченому сучасним викликам STEM-освіти О. Гриб'юк звертає увагу на ефективність впровадження STEM-робототехніки у навчання предметів природничо-математичного циклу[2]. Але, зважаючи на обмеженість обсягу наукової публікації, модифікацію змісту навчання із урахуванням удосконалень та детально специфіку їх впровадження не представлено. Тобто залишається незрозумілим в повній мірі, як інноваційні пропозиції у навчанні будуть узгоджуватись із нормованим часом та інтелектуальними здібностями школярів.

Факти впровадження технологій у навчання та сутність методик навчання із застосуванням технологій розглядаються і в інших дослідженнях [1], але аспектам специфіки дисциплін, трансформації навчального часу та особистісній орієнтації педагогічного впливу із врахуванням нововведень приділено недостатньо уваги.

Постановка завдання. Постає необхідність у розробці методу адаптації змісту навчання моніторингу середовища існування на трансдисциплінарному рівні STEM-освіти із урахуванням специфіки дисципліни, що містить велику кількість міждисциплінарних зв'язків, відведеного часу на навчання та засад особистісно орієнтованого підходу.

Виклад основного матеріалу. Для представлення змісту міждисциплінарної галузі знань на трансдисциплінарному рівні STEM-освіти в умовах обмеженого часу на навчання та необхідності забезпечення засад особистісно орієнтованого навчання, доцільно звернутися до галузі дидактичної редукції. Цей напрям передбачає розробку інструментарію методів зменшення, спрощення, елементаризації та апроксимації елементів змісту навчання з урахуванням характеристик цільової групи.

Багато європейських учених пропонують застосовувати методи дидактичної редукції під час навчання різноманітних дисциплін з різноманітних напрямів – машинобудування, медицина, комп'ютерні технології, харчова промисловість, природничі дисципліни тощо [6–9; 11–16]. Безпосередньо, як об'єкт дослідження, дидактичну редукцію ґрунтовно проаналізовано М. Лернером [11; 12]. Науковець зазначає, що підхід ставить на меті ретельний відбір та переструктурування навчального матеріалу, а не нехтування важливою інформацією. Редукція, як і сам зміст навчання, підпорядковується, в першу чергу, цілям навчання.

У попередніх дослідженнях [15] нами обґрунтовано доцільність та ефективність застосування методу використання каузальних діаграм, які відображають зв'язки між фізичними основами вимірювання, схемами засобів вимірювання та методикою використання цих засобів, у навчанні тем про вимірювання природничих, технічних, соціальних та гуманітарних наук, що відповідає властивостям методів дидактичної редукції.

Застосування каузальних діаграм відповідає методам дидактичної редукції за наступними ознаками:

- опущення чинників, що не мають визначального впливу на ситуацію та абстрагування;
- отримання у вершинах графу понять меншого обсягу, ніж у навчальних текстах;
- ілюстративне або символічне представлення складної інформації на каузальних діаграмах;

- розгляд ситуацій на основі відомих моделей та відповідність алгоритмам роботи людської пам'яті та мислення;

- зведення кількісних змінних у формулах до їх якісних пояснень та представлення відношення між ними на каузальних діаграмах.

Моніторинг середовища існування містить великий обсяг навчального матеріалу, що стосується різноманітних вимірювань. Тому застосування у процесі STEM-освіти такого методу дидактичної редукції є актуальним. М. Лернер також підкреслює необхідність застосування різноманітних структурних мереж для структурування знань студентів у процесі навчання[12, с. 160].

Побудова каузальних діаграм не потребує спеціальних знань та умінь викладача, але потребує значну кількість часу на аналіз джерел інформації та побудову відповідних графів. Процес вирішення завдань різного рівня складності із застосуванням каузальних карт дозволяє впливати на додаткові канали сприйняття, та, через розуміння студентами причинно-наслідкових зв'язків, дозволяє інтенсифікувати розвиток їх мислення та пам'яті. Студент самостійно обирає напрями руху діаграмою, що забезпечує вимоги особистісно орієнтованого підходу.

Відповідно до теорії [10], у каузальних діаграмах можуть представлятися як кількісні змінні, так і якісні. Завдячуючи цьому, користувачі розроблених каузальних діаграм не мають потреби у блокуванні елементів на зворотному шляху руху (від наслідку до причини) для встановлення статистичних зв'язків між змінними. Кожна вершина запропонованих графів є колайдером.

Циклічна, замкнута структура запропонованих діаграм дозволяє розробникам та користувачам позбутись таких проблем, як потреба у пошуку змінних, що чинять додатковий ефект на інші змінні, і, відповідно, регулювання каузального зв'язку та забезпечення на цій підставі зворотних шляхів. Пов'язуючи три блоки між собою мінімізується ефект змішування та

втручання опущених змінних, що полегшує когнітивне сприйняття представлених діаграм.

Дослідне навчання у контексті змісту моніторингу середовища існування повинно здійснюватись з використанням завдань різного рівня складності. Розглянемо, яким конкретним чином каузальна діаграма допомагає у їх вирішенні[5, с. 50].

Студент, отримавши завдання (запитання), які містять максимум доступної інформації, повинен його проаналізувати. Ця інформація є відправною точкою на шляху руху каузальною мережею.

Метод навчання передбачає, що на початку необхідно відшукати інформацію, що стосувалася б чи фізичних основ методу вимірювання, чи схеми вимірювального засобу, чи методики його використання у завданні (запитанні), після чого необхідно відшукати ту ж інформацію на каузальній діаграмі у вигляді вершин блоків. За умови вірних побудови мережі та постановки запитання або проблемного завдання, обов'язково повинні бути присутніми такі збіги.

Пройшовши попередній, на наступному етапі студент повинен побачити зв'язки відомої інформації з вершинами інших блоків. У випадку знаходження на мережі однієї вершини з відомою інформацією, враховуючи структуру діаграми, стає зрозумілим, що ця вершина буде поєднуватися з мінімум двома вершинами – принаймні по одній вершині кожного з інших двох блоків. У разі знаходження на мережі двох вершин з відомою інформацією в межах одного блоку, ці вершини будуть поєднуватися з мінімум чотирма вершинами – принаймні по дві вершині кожного з інших двох блоків і т.д. У випадку знаходження на мережі двох вершин з відомою інформацією у межах двох різних блоків, стає зрозумілим, що ці вершини будуть поєднуватися з мінімум чотирма вершинами – також по дві вершини кожного з інших двох блоків і т.д. Якщо три вершини з відомою інформацією кожного з трьох блоків поєднані між собою та не мають інших зв'язків постає можливим варіант, який полягає у тому, що мережа ніяким чином не

допоможе у пошуку відповіді. Але, по-перше, передбачається використання додаткових графічних елементів (малюнки, схеми тощо) на каузальних діаграмах за рахунок відповідних засобів навчання у межах, достатніх для додержання критеріїв наочності та швидкості орієнтації у діаграмі. Подібна візуалізація, окрім відомих дидактичних функцій, є ще одним інструментом, що допомагає у пошуку необхідної відповіді. По-друге, якщо ж три, поєднані між собою, вершини з відомою інформацією кожного з трьох блоків не мають інших зв'язків і в межах цих зв'язків не запропоновано ніяких графічних підказок, все одно досягається дидактичний ефект. Цей ефект полягає у тому, що людина усвідомлює або ще раз для себе підкреслює причинно-наслідковий зв'язок між певною фізичною величиною чи фізичним явищем, схемою пристрою та методикою його використання.

Наступний етап полягає у визначенні характеру зв'язку між вершинами. Незважаючи на те, що в теорії каузальних умовиводів пропонується лише один тип зв'язку – причинно-наслідковий, – дві пов'язані вершини ніколи не можуть бути однотипними. Обов'язково одна вершина повинна бути причиною, а інша – наслідком. Умови запитання або завдання можуть вимагати як визначення причини наслідку, так і наслідку причини. Тому рух можливий в обох напрямках, тобто досить логічно, що, з точки зору користувача діаграмою, причина та наслідок можуть бути по черзі як вхідною, так і вихідною вершиною. Крім того, може виникнути необхідність у встановленні зв'язку між непов'язаними вершинами та аналізі впливу колайдерів на каузальний умовивід. Ці аспекти додатково забезпечують досліду активність студентів відповідно до підходу STEM.

Визначивши важливі інформативні елементи у запитанні або завданні, відшукавши на каузальній мережі ці ключові слова, отримавши дані стосовно взаємозв'язку цих відомих інформативних елементів з іншими елементами інших блоків, встановивши їх характер (причина/наслідок), студент в залежності від рівня інтелектуальних здібностей та базових знань зможе або певним чином впоратися із його вирішенням, або значно підійти до нього.

Згідно з характером розв'язання питання чи завдання, каузальні діаграми або максимально наближують до його вирішення, або дають приблизний напрямок розв'язання. На кожному кроці пошуку відповіді існує можливість користування додатковими джерелами інформації (експертної чи довідникової).

Відповідно до методу, забезпечено використання алгоритму для вирішення завдань (запитань) репродуктивного характеру тобто методу формування знань на ознайомчо-орієнтовному рівні, та проблемних і евристичних завдань.

У випадку, якщо студенти під час вирішення інших практичних або теоретичних завдань з моніторингу середовища існування будуватимуть самостійно каузальні діаграми, це буде свідчити про додаткову ефективність методу. Такий варіант можливий у випадку виникнення пасивної проблемної ситуації.

Розглянемо короткий простий приклад вирішення навчального завдання під час навчання дисципліни. Лазери в межах моніторингу середовища існування є сучасною технологією, що застосовуються для контролю стану атмосфери, моделюванні рельєфів, моніторингу змін русел водних ресурсів тощо. Студентам пропонується наступне завдання методологічного характеру: «Користуючись знаннями про лазери, припустіть можливий негативний вплив лазерів на здоров'я людини та запропонуйте методи запобігання такому впливу за використання лазерних засобів моніторингу середовища існування?». Студентам надається попередньо розроблена викладачем каузальна діаграма конкретного методу моніторингу із застосуванням лазерів у певній галузі.

Відповідно до розглянутого наведеного алгоритму вирішення завдання включатиме наступні етапи:

- У питанні містяться поняття, що є вершинами на каузальній діаграмі, а саме: з блоку «Схема засобу вимірювання»: «Лазер»; з блоку «Методика використання засобу вимірювання»: «Техніка безпеки».

- Вершина «Лазер» пов'язана з вершинами «Потужність випромінювання», «Когерентність» та «Поляризація» з блоку «Фізичні основи вимірювання». Вершина «Техніка безпеки» пов'язана з вершиною «Потужність випромінювання» (рис.1).



Рис.1. Фрагмент каузальної діаграми «Лазерні засоби моніторингу середовища існування»

- Вершини блоку «Фізичні основи вимірювання» зумовлюють вершини двох інших блоків.
- Ключові поняття відносяться до двох блоків з трьох. Тому, аналізуючи зв'язки цих понять з вершинами третього блоку – «Фізичні основи вимірювання», можливо дійти висновку, що негативному впливу лазерів на здоров'я людини (порушення зору, опіки тощо) можливо запобігти зі зміною причини цього впливу – потужності випромінювання. Студентам додатково у межах STEM-освіти пропонується розробити запобіжні заходи або ж засоби корекції цього впливу тощо.

Із застосуванням каузальних діаграм можливо вирішувати питання і завдання будь-якого рівня складності – до проблемних та евристичних.

Висновки. Отже, застосування каузальних мереж дозволяє оптимізувати процес навчання моніторингу середовища існування у відповідності із засадами STEM-освіти за наступними напрямками:

- Наука. Дослідне навчання через розв'язання завдань та проблем предметної галузі з використанням каузальних діаграм.

- **Технологія.** Структура представлених каузальних діаграм може бути адаптована до будь-якого інноваційного методу чи засобу моніторингу середовища існування та спрямована на стандартизоване відображення предметної галузі у відповідності із особливостями інтелектуальних здібностей студента, загальними алгоритмами роботи мислення та пам'яті.

- **Інженерія.** Дослідження може вирішувати проблеми удосконалення засобів та методів моніторингу середовища існування, а також нове використання фізичних основ для розробки відповідних засобів та методів.

- **Математика.** Каузальні діаграми широко використовуються для пошуку та визначення кількісних змінних, що знаходяться у кореляційних зв'язках. Крім того, графи можуть бути редуковані за класичними математичними методами відповідно до теорії графів у результаті перетворення їх у матриці за бінарним принципом в залежності від наявності зв'язків у кожній вершини. Редукування графів у підсумку є додатковим шляхом забезпечення наукової, технологічної та інженерної складових підходу.

Розроблений метод спрямовано на забезпечення адаптації змісту навчання моніторингу середовища існування на трансдисциплінарному рівні STEM-освіти. Його застосування передбачає засади особистісно орієнтованого підходу та не призводить до збільшення часу навчання, але локально збільшує час, необхідний для підготовки до заняття викладачем.

Перспективи подальших досліджень. Запропоновані удосконалення забезпечують адаптацію частини змісту навчання моніторингу середовища існування, що відноситься до технічної складової. Потребує подальших наукових пошуків редукція змісту, що стосується організаційних та нормативних аспектів впровадження такого моніторингу, у відповідності із засадами STEM-освіти.

Список джерел інформації

1. Борисенко Д. В. Нові шляхи розвитку вузівського навчання: інформаційно-комунікаційний аспект / Д. В. Борисенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 5. – С. 161-167.
2. 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» / О.О.Гриб'юк // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми фізико-математичної освіти і науки» (м. Київ, 25-26 травня 2017 р.). – Режим доступу : <http://lib.iitta.gov.ua/707783/1/Hrybiuk-artkonf-25-26-05-2017%2B.pdf>.
3. Кіпоренко Г. С. Особливості викладання дисциплін екологічної спрямованості для майбутніх інженерів-педагогів / Г. С. Кіпоренко // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. – 2013. – № 38-39. – С. 241-246.
4. Клименко Л.О. Удосконалення навичок учителя-природничика за упровадження в навчальний процес методів пізнання природи (у межах STEM-освіти) / Л. О. Клименко // Молодий вчений. – 2016. – №10 (37). – С. – 244-247.
5. Лазарев М. І. Методика навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів з використанням каузальних мереж : монографія / М. І. Лазарев, Д. І. Шматков. – Х. : Вид-во Точка, 2014. – 184 с.
6. Costa G. GraphsJ 3: A modern didactic application for graph algorithms / G. Costa, C. D'Ambrosio, S. Martello // Journal of Computer Science. – 2014. – Vol. 10 (7). – P. 1115-1119.
7. Extreme Didactic Reduction in Computational Thinking Education / G. Futschek // X World Conference on Computers in Education. July 2-5, 2013. – Toruń, Poland. – Access mode: http://wce2013.umk.pl/publications/Short_Papers/086-Futschek-SP-ext_msy.pdf
8. Forjan M. Simplifications and Idealizations in High School Physics in Mechanics: A Study Of Slovenian Curriculum And Textbooks / M. Forjan, J. Sliško // European J of Physics Education. – 2014. – Vol. 10, Is. 3. – P. 20-31.
9. Günther J. Wärmedenaturierung am Beispiel von Lachs. Sachanalyse, Didaktische Reduktion und Unterrichtsmaterialien / J. Günther, K. Speckmann, P. Drechsler // Lebensmittelwissenschaft PS Berufliche Didaktik im Berufsfeld: Fachdidaktik III SoSe 2011. – Zugriffsmodus: https://www.ibba.tu-berlin.de/fileadmin/i20/FD_Ernaehrung_u_Lebensmittel/FD3_2011/Lachs_s.pdf.
10. Hernán M. A., Robins J. M. Causal Inference. – Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2018, forthcoming. – Access mode : <https://www.hsph.harvard.edu/miguel-hernan/causal-inference-book/>.
11. Lehner M. Didaktische Reduktion / M. Lehner. – Bern: Haupt, 2012. – 211 s.
12. Lehner M. Viel Stoff – wenig Zeit: Wege aus der Vollständigkeitsfalle / M. Lehner. – Bern: Haupt, 2013. – 199 s.
13. Rincke K. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik / K. Rincke // Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. – 2016. – Band 36. – S. 5.
14. Ruhm K. H. From Verbal Models to Mathematical Models – A Didactical Concept not just in Metrology / K. H. Ruhm // Joint International IMEKO TC1+TC7+TC13 Symposium August 31st – September 2nd, 2011. – Jena, Germany. – Access mode: <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-24167/ilm1-2011imeko-002.pdf>.
15. Shmatkov D. The use of causal maps as interdisciplinary didactic reduction method / D. Shmatkov // Advanced Education. – 2016. – Is. 6. – P. 16-21.
16. Zeimet R. Approaches to Teaching Biometry and Epidemiology at Two Veterinary Schools in Germany / R. Zeimet, L. Kreienbrock, M. G. Doherr // Journal of Veterinary Medical Education. – 2016. – Vol. 43. – No. 2. – Access mode : <http://jvme.utpjournals.press/doi/abs/10.3138/jvme.0915-152R1>.

Шматков Даниил Игоревич
кандидат педагогических наук,
доцент кафедры физики, электротехники и электроэнергетики
Украинской инженерно-педагогической академии

Шелковий Александр Александрович
аспирант кафедры физики, электротехники и электроэнергетики
Украинской инженерно-педагогической академии

РЕАЛИЗАЦИЯ КАУЗАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В РАМКАХ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация Статья направлена на решение задачи разработки метода адаптации содержания обучения мониторинга среды обитания на трансдисциплинарном уровне STEM-образования с учетом специфики дисциплины, которая содержит большое количество междисциплинарных связей, отведенного времени на обучение и основ лично ориентированного подхода. Предложено применение каузальных диаграмм как метода дидактической редукции. Усовершенствование обеспечивает исследовательское обучение через решение задач и проблем предметной области с использованием каузальных диаграмм и стандартизированного отображения предметной области в соответствии с особенностями интеллектуальных способностей студента, алгоритмами работы мышления и памяти.

Ключевые слова: мониторинг, среда обитания, каузальное обучение, STEM-образование, каузальная диаграмма, дидактическая редукция, содержание обучения.

Shmatkov Daniyil
Ph.D., Associate Professor in the Department of
Physics, Electrical Engineering and Electric Power Industry
of the Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

Shelkovyj Alexander
Ph.D. student in the Department of
Physics, Electrical Engineering and Electric Power Industry
of the Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

IMPLEMENTING THE CAUSAL LEARNING OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE FRAMEWORK OF STEM-EDUCATION

Abstract The article is aimed at solving the problem of developing the method for adapting the learning content of environmental monitoring at the transdisciplinary level of STEM education, taking into account the specifics of the discipline which contains a large number of interdisciplinary connections, time allotted for teaching and the foundations of the person-centered approach. The use of causal diagrams as the method of didactic reduction is proposed. The improvement provides experienced learning through the problem solving using causal diagrams and standardized mapping of the subject area in accordance with the features of the student's intellectual abilities, algorithms of thinking and memory.

Key words: monitoring, environment, causal learning, STEM education, causal diagram, didactic reduction, learning content.