ФІЛОСОФІЯ ОСВІТИ. ІСТОРІЯ ОСВІТИ

УДК 37.018.59(73):377.36:001

Сергій ІВАНОВ,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформатики та інформаційних технологій в освіті Запорізького ОІППО

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ШКІЛЬНА ОСВІТА ЯК ЦІЛЕСПРЯМОВАНА СИСТЕМА ДІЯЛЬНОСТІ: ДОСВІД США

У статті на основі теорії цілеспрямованої системи діяльності розглянуто такі два процеси реформування науково-технічної освіти США, як STEM і NGSS. Окреслено їх цілі, ресурси та систему операторів, що підвищують вірогідність досягнення цілей. Наведено дані щодо упровадження означених напрямів науково-технічної освіти на місцях.

Ключові слова: *цілеспрямована система діяльності, науково-технічна освіта, STEM, NGSS.*

В статье на основе теории целенаправленной системы деятельности рассматриваются такие два процесса реформирования научно-технического образования США, как STEM и NGSS. Представлены их цели, ресурсы и система операторов, которые повышают вероятность достижения целей. Приводятся данные по внедрению этих направлений научно-технического образования на местах.

Ключевые слова: *целенаправленная система деятельности, научно-техническое образование, STEM, NGSS.*

In the article, based on the theory of purposeful systems of activity, two processes of reforming US science and technology education are considered: STEM and NGSS. It shows the goals, initial situation, resources and system of operators that increase the likelihood of achieving goals. Provides data on the implementation of these areas of scientific and technical education in the states.

Key words: *goal, purposeful systems of activity, science-technical education, STEM, NGSS.*

Постановка проблеми. Протягом останніх років формування нової освітньої парадигми в умовах розгортання четвертої індустріальної революції набуває доленосного значення для будь-якої країни. За даними міжнародного дослідження Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), навіть у розвинутих країнах світу спостерігається відставання можливостей системи освіти від потреб промислового й інноваційного виробництва [7]. Це насамперед пов'язано із тим, що сьогодні період життєвого циклу технологій випереджає період навчання. Тобто, йдеться про нову роль людини у системі «людина – машина – інформаційна система».

Як відомо, фахівець майбутнього повинен не лише володіти ключовими компетентностями XXI століття в різних галузях науки, техніки та виробництва, а й уміти їх творчо комбінувати для розв'язання життєво важливих питань і проблем, що виникають у сучасному швидкомінливому світі. Серед переліку цих компетентностей провідне місце відведено науково-інженерним компетентностям. Саме у зв'язку з цим для вітчизняної освіти, яка лише розпочинає рухатися в цьому напрямі, важливий досвід інших країн, зокрема й Сполучених Штатів Америки.

Мета статті – ознайомити не лише фахівців, а й широкий загал із процесами реформування, що відбуваються в науково-технічній шкільній освіті США, зокрема впровадженням у діяльність закладів освіти таких інноваційних напрямів, як STEM і NGSS.

Виклад основного матеріалу. Різні країни світу шукають власний шлях і власні методологічні підходи до впровадження концепції STEM-освіти в діяльність закладів освіти. Враховуючи те, що освіта в сучасному світі має бути відкритою самоорганізуючою системою, варто звернути увагу на телеологічний підхід, ключовим поняттям і об'єктом аналізу якого є *цілеспрямована система діяльності (ЦСД)*.

Відповідно до телеологічного підходу побудову моделі науково-технічної освіти будемо розглядати як цілеспрямовану систему діяльності в поєднанні зі специфічним оточенням, ресурсами і методологічними засобами соціального відтворення. Означений підхід заснований на базових поняттях телеологічної теорії інформації, запропонованої свого часу В. І. Корогодіним [1]. На його думку, будь-яка система, що самоорганізується, повинна мати мету. Якщо така мета не сформульована, жодна діяльність не вважатиметься системною. Саме мета

© Іванов С., 2019

(цілепокладання, цілеутворення), а також умови освітнього середовища, в якому відбувається діяльність, визначає її інституалізацію, тобто структуру і набір функцій, що відтворюють цю систему. При цьому варто зауважити, що одна і та ж мета може бути досягнута різними шляхами і з різною кількістю та якістю початкових ресурсів. Важливо також усвідомлювати різницю між поняттями «цілепокладання» (цілі освіти, закріплені в нормативних актах, насамперед державних) та «цілеутворення» (мета, що розуміється як пошук і визначення суспільством або вченими цілей освіти).

Відповідно до телеологічної теорії існує певна ієрархія цілей систем, що самоорганізуються, метою яких є самовідтворення. Як наслідок – основними в методології ЦСД є питання *«Як досягти бажаної мети?»* та *«Які дії і заходи необхідні, аби домогтися максимального результату, зважаючи на наявність початкових ресурсів?»*.

Посилаючись на телеологічну теорію, рух до мети в дискурсі ЦСД характеризується таким співвідношенням [11]:

$$[R, So]^{|Q(I)}{}_{P>p} \rightarrow [Z, W_1, W_2, W_3, \ldots]. \quad (1)$$

Z – це мета діяльності, в нашому випадку – утворення нової структури, що забезпечуватиме ефективність, стабільність і здатність до саморозвитку системи STEM-освіти, а W_1, W_2, W_3 ... – символи, які позначають події, стани або ситуації, які супроводжують процес досягнення мети з «позитивними», «негативними» або «нейтральними» ефектами. Такі фактори можна передбачити або вони стають очевидними у процесі функціонування нової системи, наприклад, якщо буде реалізовано систему сертифікації учителів, то вже в найближчому майбутньому можна спрогнозувати певні корупційні механізми її проходження. Рух до визначеної мети *Z* починається з аналізу певної початкової ситуації *So*, що визначається набором тих чи інших параметрів, які необхідно покращити у процесі руху до запланованої мети за наявності ресурсу *R*. Послідовність перетворень від початкового стану системи *So* до стану досягнення мети відбувається шляхом застосування певної системи операторів *Q(I)*, тобто йдеться про певний набір (каталог) стандартів, навчальних програм, тренінгів, майстер-класів, інших інноваційних освітніх форм, спрямованих на ефективне та надійне досягнення мети *Z*. На нашу думку, вчитель, який має високий рівень інтелектуальної активності та певну інтегровану сукупність ключових компетентностей, також є оператором. Така система операторів формується на основі творчо осмисленої інформації (I) стосовно недоліків системи науково-технічної освіти, що існує, намірів державної влади її трансформувати, дослідження досвіду її інноваційного перетворення, можливих негативних наслідків, реакції місцевих органів влади, керівників, педагогів закладів освіти тощо.

Зважаючи на вищевикладене, нерівність $P > p$, де *p* – це ймовірність того, що мета *Z* буде досягнута або випадково *(p>0),* або взагалі без прийняття будь-яких усвідомлених дій *(p=0)*, а *P* – це ймовірність ефективного досягнення поставленої мети в процесі цілеспрямованої діяльності на основі застосування послідовності операторів *Q(I)*. Зрозуміло, що визначити числове значення ймовірності *p* практично неможливо, адже йдеться про якісні параметри.

Тепер спробуємо проаналізувати моделі науково-інженерної освіти у Сполучених Штатах Америки, де протягом останніх років можна чітко простежити формування двох інноваційних напрямів у шкільній освіті: *STEM-освіту* та *науково-технічну освіту в новому стандарті – NGSS*. Будучи тісно пов'язаними між собою, вони, однак, у дечому різняться, насамперед – своєю метою. Так, якщо *мета першого* напряму (STEM-освіти) полягає в забезпеченні попиту на робочі місця на ринку STEM-спеціальностей, що невпинно розширюється, то *мета другого* (NGSS) – сприяння підвищенню серед школярів інтересу до науки, аби в майбутньому вони обирали спеціальності, пов'язані з наукою і технікою, тобто *навчити дітей думати, як учені, та діяти, як інженери*. Розглянемо детальніше застосування ЦСД щодо обох напрямів.

STEM-напрям. Як зазначалося вище, метою упровадження STEM-освіти (Z) є забезпечення попиту на робочі місця на ринку STEM-спеціальностей, що невпинно розширюється, а також підвищення природничої грамотності громадян. Щодо початкової ситуації (So), то вона стає більш зрозумілою внаслідок нещодавно проведених соціологічних досліджень, які свідчать, що впродовж найближчих років великі американські компанії поповнять у цілому близько 1,6 млн працівників, із яких 945 тис. матимуть базові (рівень школи) знання зі STEM-освіти, а 635 тис. – демонструватимуть більш високий рівень STEM-знань (рівень університету). Інші дані дозволяють припустити, що принаймні 20% робочих місць у США вимагають наявності високого рівня знань у будь-якій галузі STEM [11]. При цьому дослідники звертають увагу на зменшення за останні роки кількості випускників шкіл, які планують обрати спеціальність у STEM-напрямі. Такий стан речей пояснюється цілою низкою факторів, основний серед яких – недостатня підготовленість випускників шкіл у галузі STEM, що зумовлюється низькою кваліфікацією вчителів у цій галузі, а також недосконалою шкільною STEM-програмою [2].

Для досягнення основної мети STEM-освіти держава та суспільство повинні мати в наявності певні ресурси, насамперед – політичну волю, яку продемонстрував особисто президент Барак Обама, адже ініціював розробку та підписав у 2015 р. Закон «Every Student Succeeds Act» (ESSA) – «Кожен учень досягає успіху». Цей закон розширив права штатів щодо оцінювання рівня освіти загалом й учителів зокрема, особливу увагу звернув на підвищення рівня освіти афро- та латиноамериканців, зокрема на безкоштовний доступ до освіти дітям нелегальних мігрантів [4]. Крім того, в цьому законі (у двох розділах) йдеться про розвиток STEM-освіти: у Розділі II (Title II) – про фінансування STEM-напряму щодо диференційної оплати вчителів із пріоритетом для STEM та підтримки STEM-контенту та розвитку професійної активності STEM-учителів, а в Розділі IV (Title IV) – про збільшення потенціалу штатів і районів шляхом надання учням доступу до організованої на високому рівні освіти, поліпшення шкільних умов для їх навчання, а також використання технологій для підвищення цифрової грамотності всіх без винятку школярів [5].

Відповідно до цих нововведень було започатковано грантову програму, на яку Палата представників виділила 1 млрд доларів, а сенат – 300 млн. Як наслідок – шкільні округи додатково отримали близько 30 тис. доларів на потреби освіти, з яких не менше 15% припадає на інноваційні технології, спрямовані на упровадження STEM-освіти, а кожен федеральний округ –додаткове фінансування для розвитку STEM-освіти.

Ці приклади на практиці підтверджують наявність системи операторів Q(I), які сприяють упровадженню STEM-освіти шляхом: розширення високоякісних курсів STEM; розширення доступу до STEM малозабезпечених та вразливих груп учнів; підтримка участі учнів у некомерційних конкурсах STEM; надання практичних можливостей навчання у STEM; включення інших академічних предметів, зокрема мистецтва, до тематичних програм STEM; створення або вдосконалення спеціальних шкіл STEM.

NGSS-напрям. Ми вже зауважували, що метою упровадження шкільної наукової освіти (Z) є зростання серед учнів інтересу до наукових знань, аби в майбутньому вони змогли обрати спеціальності, пов'язані з наукою і технікою. Яка ж причина виникнення цього напряму? Насамперед американське суспільство було стурбоване низькими показниками PISA – програми міжнародного оцінювання учнів, що має на меті порівняти освітні системи понад 70-ти країн світу на основі визначення компетентностей учнів із читання, математики та природничих дисциплін, прямо не пов'язаних з опануванням шкільними програмами. За результатами, проведеними PISA у 2015 році, США посіли 38 місце серед 71 країни світу за рівнем розвитку математики та 24 місце – за рівнем розвитку наукових знань [3]. Такий стан речей був пов'язаний насамперед із недостатньою підготовленістю вчителів, відсутністю відповідної системи післядипломної освіти, недостатнім рівнем зв'язків між STEM-предметами та шкільними природничими дисциплінами.

Основним ресурсом (R) декларованої мети став колективний інтелектуальний капітал, накопичений у суспільстві, особливо за останні 20 років, у зв'язку із розвитком новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, що зумовили необхідність перегляду ключових компетентностей людини XXI століття. Основну роль при цьому відіграла Національна дослідницька рада (National Research Council – NRC), якою у 2011 році було запропоновано нову структуру середньої природничої освіти. Крім того, за ініціативи Ради було створено експертну комісію у складі 18-ти осіб (до неї увійшли вчені-природознавці, серед яких двоє – лауреати Нобелівської премії, когнітивні психологи, вчені-педагоги, експерти у сфері природничої освіти та політики), яка розробила нові стандарти середньої природничої освіти. Також за підтримки NRC було створено експертні групи, покликані розробити нові стандарти в усіх сферах шкільної освіти. У процесі розробки цих стандартів узяли участь 26 провідних штатів, представники яких зобов'язалися упровадити їх на місцях. Створені експертні групи започаткували розробку системи операторів Q(I), діяльність яких була спрямована на підвищення вірогідності p(i) досягнення мети Z. Як відомо, саме структура стандарту являє собою певний оператор *(див. табл.1)*.

Таблиця 1

Структура стандарту NGSS

Вимоги до демонстрації знань учнів (Performance Expictaction)		
Умови оцінки рівня підготовки учнів		
Наукові та інженерні навички (Practice)	Основні предметні знання (Discipine Core)	Узагальнені (наскрізні) поняття (Crosscutting concepts)
- зв'язок між основними поняттями в межах конкретного предмета, що спрямовані на конкретний рівень підготовки учнів; - обґрунтування, яким чином розвиватиметься конкретна предметна ідея для кожного ступеня освіти: від початкових класів – до старших; - зв'язок між стандартами шкільної освіти з математики та англійської мови і літератури		

Стандарти визначили 8 основних наукових та інженерних навичок і компетенцій (Practice) та 7 узагальнених (наскрізних) понять (Crosscutting concepts) [9]. У стандарті основні предметні знання (Discipline Core) представлені у чотирьох розділах *(див. табл. 2)*.

Таблиця 2

Основні предметні знання (Discipine Core) стандарту NGSS

Фізико-хімічні науки	**Геологічні та астрономічні науки**
PS 1. Матерія та її взаємодії. PS 2. Рух і статика: сили і взаємодії. PS 3. Енергія. PS4. Хвилі та їх застосування в технологіях для передачі інформації	ESS 1. Роль Землі у Всесвіті. ESS 2. Системи Землі. ESS 3. Земля і людська діяльність
Біологічні науки	**Інжиніринг, технології та прикладні науки**
LS 1. Від молекул – до організмів: структура і процеси. LS 2. Екосистеми: взаємодія, енергія і динаміка. LS 3. Спадковість: успадкування і мінливість ознак. LS 4. Біологічна еволюція: єдність і різноманітність	ETS 1. Інженерне проектування (дизайн). ETS 2. Зв'язок між інжинірингом, технологіями, природничими дисциплінами та суспільством

Нові стандарти було визначено для кожного ступеня освіти – від дошкілля (Kindergarten) до старшої школи (High school). Відмінність нового стандарту від традиційного підходу полягає в тому, що кожен розділ стандарту визначає і звертає увагу на те, що учень повинен продемонструвати в ході заняття. З цією метою у стандарті детально представлено пояснення для вчителя, а також наявність оцінки рівня підготовленості учнів; для кожної складової стандарту важливо встановити зв'язок із основними поняттями в межах конкретного предмета для конкретного рівня підготовки учнів, обґрунтувати, яким чином розвиватиметься конкретна предметна ідея для кожного ступеня освіти (від початкових класів – до старших), встановити зв'язок між стандартами шкільної освіти з математики та англійської мови і літератури. Означений підхід заперечує думку про те, що наука – це лише сукупність фактів, які необхідно запам'ятати, навпаки, її завдання полягає у глибокому розумінні природи наукових явищ, пов'язаних між собою.

Розглянемо ресурси, які були створені для упровадження NGSS в обраних для експерименту штатах. На федеральному рівні до ресурсів, які містять необхідну інформацію для департаментів освіти, керівників закладів освіти на місцях та вчителів, передбачено значну кількість різноманітної структурованої інформації. При цьому провідну роль відіграє National Science Teachers Association – NSTA [6]. Із метою найбільш ефективного впровадження нового стандарту (підвищення вірогідності (p) досягнення мети Z) кожен штат розробляє власні ресурси у вигляді певних інструкцій чи методичних матеріалів [12]. Те саме відбувається на рівні шкільних округів. При цьому в межах 3-вимірного стандарту формується система оцінювання науково-технічних компетентностей учнів: основні дисциплінарні ідеї (Discipine Core) – що учні знають; наскрізні концепції (Crosscutting concepts) – як учні думають; наукова і технічна практика (Practice) – що учні роблять [12].

Щодо системи операторів Q(I), які мають спрямовуватися на підвищення вірогідності p(i) та досягнення мети Z, то складається враження, що вона формуватиметься насамперед шляхом постійної підготовки та перепідготовки вчителів із науково-технічного напряму. Сьогодні політики та керівники освіти обмежуються створенням для вчителя новітніх освітніх ресурсів, сподіваючись на його громадянську позицію та відповідальність стосовно майбутнього своїх учнів. Водночас виникає питання щодо необхідності розробки програм із підготовки вчителів природничих дисциплін (як традиційних програм, так і альтернативних методів навчання). Також потребує розгляду питання щодо вимог до сертифікації, аби якнайкраще підготувати вчителя до упровадження стандартів NGSS, тобто вдатися до пошуку нових зв'язків між дисциплінами [6].

Висновки. Таким чином, створення надійної системи щодо підготовки вчителів до роботи в новому педагогічному просторі, звичайно, передбачає перепроектування змісту курсів навчання. Це може спричинити появу нових вимог до сертифікації педагогів у певній предметній галузі. При цьому ліцензування викладачів зокрема та сертифікація предметної галузі загалом повинні передбачати розробку певних типів навчальних завдань та рівень оцінювання для учнів. Усе це загалом включає інформацію (I), яка формує операторів Q(I). Ґрунтовна робота в цьому напрямі триває й досі, а теоретичні знання та практичний досвід учителів спрямовані на побудову розгалуженої системи операторів із метою підвищення вірогідності досягнення головної цілі – побудови системи науково-технічної освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корогодин В. И. Информация как основа жизни [Электронный ресурс] / В. И. Корогодин, В. Л. Корогодина. – Дубна : Издательский центр «Феникс», 2000. – 208 с. – URL : http://polbu.ru/korogodin_information.

2. Люблинская И. Е. STEM в школе и новые стандарты среднего естественно-научного образования в США / И. Е. Люблинская // Проблемы преподавания естествознания в России и за рубежом. – М. : ЛЕНАНД, 2014. – № 44. – С. 6–23.

3. Desilver D. U.S. students' academic achievement still lags that of their peers in many other countries [Electronic resource]. URL : http://www.pewresearch.org/fact-tank/2017/02/15/u-s-students-internationally-math-science/.

4. Evans D., Brown J., King C. STEM Education and the Every Student Succeeds Act [Electronic resource]. URL : http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Opportunities-and-the-Every-Student-Succeeds-Act-ESSA.pdf.

5. Fact Sheet: ESSA Title IV Part A [Electronic resource]. URL : https://www.iste.org/docs/advocacy-resources/title-iv-fact-sheet-for-essa_final.pdf.

6. Guide to Implementing the Next Generation Science Standards [Electronic resource]. URL : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285706/.

7. Key findings from PISA 2015 for the United States [Electronic resource]. URL : https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-United-States.pdf.

8. National Science Teachers Association (NSTA) [Electronic resource]. URL : https://ngss.nsta.org/AccessStandardsByTopic.aspx.

9. Next Generation Science Standard [Electronic resource]. URL : https://www.nextgenscience.org/.

10. Next Generation Science Standards Systems Implementation Plan for California [Electronic resource]. URL : https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/sciimpplan120214.pdf.

11. STEM 2026 A vision for innovation in STEM [Electronic resource]. URL : https://innovation.ed.gov/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf.

12. Tyler B., Britton T. Developing district plans for NGSS implementation: Preventing detours and finding express lanes on the journey to implement the new science standards. San Francisco, CA: WestEd, 2018 [Electronic resource]. URL : https://www.wested.org/resources/developing-district-plans-for-ngss-implementation/

Дата надходження до редакції: 06.12.2018 р.