

## REFERENCES

Kryzhanivskiy, O. A., Chanzhar, A. V. (2020). Problemy orhanizatsii interieriv navchalnykh zakladiv Ukrainy [Problems of organization of interiors of educational institutions of Ukraine]. *Materialy konferentsii Molodizhnoi naukovoї lihy*. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/liga/article/download/7373/7353/> [in Ukrainian].

Shakhrai, N. I., Shmelova, O. Ie. (2014). Osoblyvosti formuvannya interieru navchalnykh audytorii tvorchoho napriamu VNZ arkhitekturno-mystetskoho profilu [Peculiarities of the formation of the interior of educational classrooms of the creative direction of the university of architectural and artistic profile]. *Teoriia ta praktyka dyzainu*. Issue 5. S. 123–130. [in Ukrainian].

Parshyna, E. S., Marchenko, M. N. (2016). Osnovnyye etapy dizayn-proyektirovaniya uchebnykh auditoriy vuza [The main stages of design design of educational classrooms of the university]. *Molodoy uchenyy. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. № 2 (106). S. 1058–1060. [in Russian].

Gerasymenko, O. A., Feshchuk, Yu. V., Synhaivskiy, D. V. (2016). Konstruiuvannya korpusnykh mebliv zasobamy

hrafichnoi prohramy PRO100 maibutnimy vchyteliamy tekhnolohii i profilnoho navchannya [Design of cabinet furniture by means of the graphic program PRO100 by future teachers of technologies and profile training]. *Onovlennia zmistu, form ta metodiv navchannya i vykhovannya v zakladakh osvity: zbirnyk naukovykh prats. Naukovi zapysky RSHU*. Issue 14 (57). Rivne: RSHU. S. 143–146. [in Ukrainian].

Gerasymenko, O. A., Feshchuk, Yu. V. Proektuvannya vyrobiv z derevyny zasobamy hrafichnoi prohramy PRO100 maibutnimy vchyteliamy tekhnolohii i profilnoho navchannya [Design of wood products by means of the graphic program PRO 100 by future teachers of technologies and profile training]. *Naukovyi chasopys NPDU. Seriya №5 «Pedagogichni nauky: realii ta perspektyvy»*. Issue 39. Kyiv: NPDU. S. 21–27. [in Ukrainian].

Programma dlya dizayna mebeli i interyera PRO100 versiya 3.60: rukovodstvo polzovatelya [Furniture and interior design program PRO100 version 3.60: user manual] (2003); translated from Polish. Krakov: ECRU. 67 s.

Дата надходження до редакції: 10.09.2022

УДК 373.5:621.311

DOI: 10.37026/2520-6427-2022-111-3-31-41

**Тетяна КРОКА,**

викладач фізики, магістр педагогічної освіти  
ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж  
Національного університету  
водного господарства та природокористування»,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0003-2226-5619  
e-mail: kroatanya@gmail.com

**Андрій РИБАЛКО,**

кандидат педагогічних наук,  
доцент, доцент кафедри хімії та фізики  
Національного університету  
водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0003-1744-8488  
e-mail: ryb@ukr.net

**Олена РИБАЛКО,**

учитель-методист, учитель фізики  
Обласного наукового ліцею в місті Рівне  
Рівненської обласної ради,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0003-1744-8488  
e-mail: ryb@ukr.net

## ОРГАНІЗАЦІЯ СТЕМ-ДОСЛІДЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ТЕОРЕТИЧНОГО ПОШУКУ ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

**Анотація.** У статті окреслена важливість упровадження в навчальний процес елементів STEM-освіти

відповідно до рекомендацій Міністерства освіти і науки України.

Розглянуто мету та методику постановки завдань STEM-дослідження для учнів закладів загальної середньої освіти з метою створення передумов розвитку відповідних компетентностей у різних галузях життєдіяльності. Для цього виокремлено досягнення сучасної дидактики щодо впровадження частково-пошукового та дослідницького методів навчання. Схарактеризовано основні загальні властивості та наведено структурно-системний аналіз навчального дослідження як виду навчальної діяльності.

З'ясовано, що STEM-дослідження організуються за допомогою постановки викладачем локально-дослідницьких задач, зміст яких належить до тієї чи іншої навчальної дисципліни. Указано оптимальну кількість таких дисциплін та розподіл локальних задач за рівнями складності.

У статті запропоновано варіант STEM-дослідження для позакласної роботи учнів, що базується на таких навчальних дисциплінах та близьких до них напрямках діяльності: фізика (як теоретична, так і експериментальна), географія (економічна географія, екологія), економіка (розрахунок капіталовкладень у монтаж об'єкта та терміну його окупності), математика, що застосовується в усіх перерахованих галузях. Підкреслено, що фізика у цих навчальних дослідженнях є центральною дисципліною, навколо якої групуються всі інші. Наявність основної дисципліни значно полегшує організацію та покращує ефективність дослідження, оскільки об'єднує та обґрунтовує усі інші його напрями.

**Ключові слова:** STEM-дослідження, одночасне формування компетентностей у різних галузях життєдіяльності, постановка локальних дослідницьких задач.

**Tetiana KROKA,**  
Lecturer of Physics,  
Master of Pedagogical Education,  
Rivne Technical Professional College  
of the National University  
of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine  
ORCID: 0000-0003-2226-5619  
e-mail: kroatanya@gmail.com

**Andrii RYBALKO,**  
PhD in Pedagogical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Chemistry and Physics,  
National University of  
Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine  
ORCID: 0000-0003-1744-8488  
e-mail: ryb@ukr.net

**Olena RYBALKO,**  
Teacher-methodologist,  
Teacher of Physics,  
Rivne Regional Scientific Lyceum,  
Rivne, Ukraine  
ORCID: 0000-0003-1744-8488  
e-mail: ryb@ukr.net

## ORGANIZATION OF STEM-RESEARCH BASED ON THE EXAMPLE OF THEORETICAL RESEARCH ON ECONOMIC AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A SMALL HYDROELECTRIC PLANT

**Abstract.** The article shows the importance of introducing elements of STEM education into the educational process in accordance with the recommendations of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

We considered the purpose and the method of setting STEM-research tasks for secondary school students to create suitable conditions for developing competence in various spheres of life. For this, we singled out the

achievements of modern didactics regarding the introduction of heuristic and research-based teaching methods. We outlined the main general properties and structural and systemic analysis of educational research as a type of academic activity.

We found that the teacher organizes STEM-research by setting local research tasks, the content of which refers to one or the other educational discipline. We determined

*the optimal number of such disciplines and the distribution of local tasks by levels of complexity.*

*In particular, this article offers a variant of STEM-research intended for student extracurricular work, based on the following academic disciplines and areas of activity close to them: physics (both theoretical and experimental), geography (economic geography, ecology), economics (calculation of capital investments in the construction of an object and its payback period) and, of course, mathematics, which is used in all the listed areas.*

*However, in such educational research, physics is the central discipline around which all others are grouped. The presence of such an essential discipline simplifies the organization and increases the effectiveness of research, as it unites and serves as a foundation of all its other areas.*

*According to our observations, the effective implementation of STEM-education in both curricular and extracurricular forms of education is possible when setting local educational and research tasks under the guidance of a teacher.*

*The article also outlines the main directions for organizing further STEM-research in the field of physics as an educational subject. In particular, it's intended to develop new types of STEM-research tasks involving other educational subjects. For example, physics, biology, chemistry, geography, history, computer science, mathematics, etc.*

**Key words:** *STEM-research, simultaneous formation of competence in various areas of life, formulation of local research tasks.*

**Постановка проблеми.** STEM – це абревіатура з англійської, що означає science – наука, technology – технології, engineering – інженерія та mathematics – математика (Що таке STEM? STEM-освіта в Україні: вебсайт). Важливо розуміти, що STEM – це не просто технічна освіта, вона охоплює значно ширше поняття, зокрема вдале поєднання креативності та технічних знань. Тобто завданнями STEM-освіти є розвиток компетентностей у різноманітних галузях знань. Однак слід зауважити, що, наприклад, організацію STEM-досліджень у навчанні зручно впроваджувати на основі певного навчального предмета, що є ніби «центром кристалізації» та об'єднує інші навчальні предмети з метою формування якомога ширшого спектра компетентностей. У запропонованій статті ми розглянули навчальний предмет фізику саме як такий «центр».

Видатний український педагог В. О. Сухомлинський зазначав, що «фізика є лідером сучасного природознавства і фундаментом науково-технічного прогресу. Цей предмет досить важливий, оскільки передбачає потужний гуманітарний потенціал, що дає можливість розвивати мислення, формувати світогляд, розкривати цілісну картину світу через основні закони і принципи природи, виховувати естетичне почуття і духовність, зберігати здоров'я учнів. На уроках фізики я намагаюсь постійно створити атмосферу творчості, що дає змогу дітям розвивати свої творчі здібності». Василь Олександрович також звертав особливу увагу на важливість активної діяльності учнів у процесі навчання, оскільки її відсутність виявляється насамперед у тому, що замість того, щоб працювало мислення, посилено працює пам'ять. Це призводить до того, що старі

знання, нагромаджуючись у пам'яті, стають фактично перешкодою до оволодіння новими знаннями. «Навіть для сумлінного учня праця при такому «навчанні» є обтяжливою, непосильною, отупляючою, бо тут немає справжньої розумової діяльності» (Сухомлинський, 1976, Всеосвіта: вебсайт).

Зважаючи на зазначене вище, ефективне навчання фізики та й інших предметів неможливе без застосування частково-пошукового та дослідницького методів навчання. Зрозуміло, що ці методи слід упроваджувати із урахуванням індивідуальних особливостей учнів, рівня їх мотивації тощо. Зазначимо, що форми організації навчальних досліджень можуть бути як урочні, так і позаурочні, наприклад, у системі МАН, у різноманітних напрямках.

У цій статті ми звернули особливу увагу на можливість формування компетентностей енергетично-екологічного, економічно-фінансового напрямів навчальних досліджень із метою оцінки експлуатації гідроелектростанції (*дали – ГЕС*) на малих річках.

**Аналіз наукових досліджень і публікацій.** Насамперед розглянемо особливості навчального дослідження як діяльності. Системно-структурний аналіз навчального дослідження було здійснено М. Ю. Галатюком та А. В. Рибалком (2008). Питанням вивчення та впровадження у практику навчально-дослідницької діяльності учнів під час вивчення фізики займалися такі вчені, як Ю. М. Галатюк (1998), А. В. Рибалко (2007), В. О. Демкова, М. А. Мислицька, В. Ф. Заболотний (2021). Методику організації навчально-дослідницької діяльності студентів закладів вищої освіти розробляли Т. П. Поведа, Р. А. Поведа (2021), а також О. Г. Чорна, О. М. Рачковський (2021) та інші.

Навчально-дослідницька діяльність учнів широко практикується й у молодшій школі. Наприклад, В. Козій та В. Муляревич розробили методику впровадження цієї діяльності для учнів початкових класів (Козій, 2016).

Дослідницький метод навчання широко застосовується при вивченні не лише природничих, а й гуманітарних навчальних дисциплін. Зокрема П. В. Мороз та І. В. Мороз розробили методику організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення історії (Мороз, П., Мороз І., 2018), а С. А. Когут успішно впроваджує навчально-дослідницьку діяльність учнів на уроках української мови та літератури (Когут, 2022).

Зауважимо, що навчальне дослідження лише ззовні схоже на наукове, оскільки в ньому застосовуються ті ж методи пізнання. Однак за своєю структурою навчальне дослідження істотно відрізняється від наукового. Це пов'язано з тим, що учні (студенти) а ні за рівнем знань, а ні психологічно ще не готові до суто наукового дослідження у прямому розумінні цього виду діяльності. Зважаючи на це, навчальне дослідження суб'єкта навчання обов'язково має відбуватися у полегшених умовах під керівництвом (м'яким контролем) викладача та не містити у собі величезну кількість проб і помилок, притаманних науковим дослідженням, оскільки навчальний процес обмежений у часі. Дослідники А. В. Рибалко та М. Ю. Галатюк пропонують виокремити наступні особливості процесу навчального дослідження: 1) реалізація навчального

дослідження потребує поєднання дослідницького методу навчання з іншими, особливо з частково-пошуковим; 2) змістом навчально-дослідницької діяльності є задачі проблемного характеру; 3) операційна складова навчально-дослідницької діяльності спрямована на формування вмінь реалізовувати окремі етапи наукового пізнання; 4) мотивація навчально-дослідницької діяльності школярів значною мірою залежить від: зацікавленості предметом дослідження; створення атмосфери емоційного задоволення від своєї роботи; врахування індивідуальних особливостей, загальних здібностей, системи моральних та соціальних цінностей, результату виховання конкретного учня; 5) методи навчального дослідження передбачають певні елементи методів наукових досліджень: спостереження, експеримент, ідеалізація та моделювання, уявний експеримент, аналогії, метод гіпотез тощо; 6) організація навчально-дослідницької діяльності передбачає самостійну роботу учнів з елементами самоорганізації та самооцінки результату; 7) метою навчального дослідження є включення в систему нових знань його результатів та способів дій, необхідних для їх досягнення; 8) нові знання, здобуті в результаті навчально-дослідницької діяльності, є прямим продуктом, а способи дій, структура дослідження та прийоми самоорганізації учнів можуть бути як прямими, так і побічними продуктами; 9) система засобів навчального дослідження спрямована на перехід його побічного продукту в прямий. За цієї умови особлива роль належить засобам регулювання навчально-дослідницької діяльності; 10) реалізація навчально-дослідницької діяльності здійснюється через спеціально розроблену систему навчально-дослідницьких задач (Рибалко, Галатюк, 2008).

Міністерство освіти і науки України з метою формування різноманітних видів компетентностей пропонує широко впроваджувати систему STEM-освіти, що успішно практикується в США, Канаді, країнах Європейського Союзу, Японії, Китаї, Австралії тощо. Хоча в Україні методика впровадження окреслених засобів лише розвивається, проте вже є певні дидактичні розробки. Так, Р. М. Білик та С. В. Оптасюк реалізують упровадження елементів STEM-освіти у шкільному курсі астрономії (Білик, Оптасюк, 2021).

А. В. Рибалко та О. С. Рибалко пропонують системний аналіз структури навчального дослідження у STEM-лабораторії (Рибалко, А., Рибалко, О., 2021). В інтернеті також пропонуються практичні поради із розгортання STEAM-лабораторії в школі та широко досліджуються інноваційні технології навчання фізики в контексті STEM-освіти в закладах вищої освіти (Старенький, Дзюба, 2022). В. Шарко в контексті означеного питання визначає модернізацію системи навчання учнів STEM-дисциплін як методичну проблему (Шарко, 2016).

**Мета статті** – на прикладах постановки локально-дослідницьких задач проілюструвати організацію навчального дослідження учнів (студентів) у природничому (фізичному) екологічному та економічному напрямках задля: 1) визначення потужності водяного потоку р. Усті на території м. Рівне; 2) оцінки виходу потужності від генератора електричної енергії; 3) оцінки кошторису запуску генератора та терміну окупності затрат.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (*далі* – НВДЕ) світовою спільнотою розглядається як один із найбільш перспективних шляхів розв'язку зростаючих проблем, пов'язаних із енергозабезпеченням. Нещодавно Європейський Союз виступив з ініціативою прискорити розвиток НВДЕ і прийняв кілька обов'язкових рішень щодо цього питання. Україна має багато проблем з енергозабезпеченням та намагається стати членом європейської спільноти, тому повинна будувати свою енергетичну політику з урахуванням цього напрямку. У Національній енергетичній програмі України передбачено задовольнити до 10% її енергетичних потреб, використовуючи нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії, до яких належать і гідроелектростанції.

#### Постановка навчально-дослідницького завдання Теоретичні дослідження

**Задача 1.** Виведіть формулу об'ємної витрати води з часом, тобто об'єм води в течії річки, що протікає через площу поперечного перерізу течії за одиницю часу. Врахуйте, що внаслідок в'язкого тертя дійсна витрата води становить 75% від фіктивної (ідеальної).

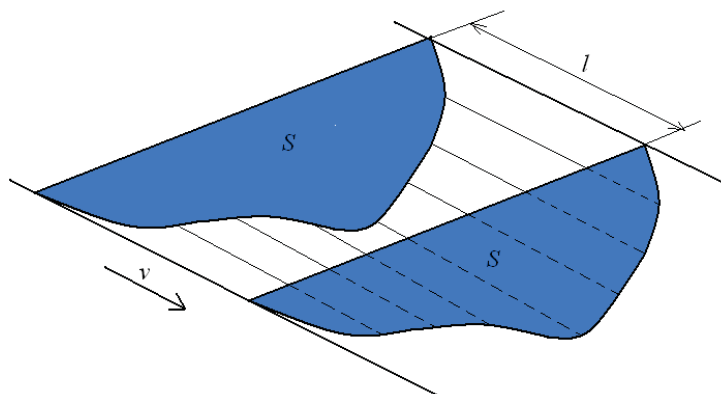


Рис. 1. Визначення об'єму води, перенесеного через поперечний переріз річки за час  $t$

**Можливий хід розв'язування**

Для визначення об'єму води, перенесеної через поперечний переріз річки, необхідно знайти добуток відстані та площі перерізу  $\ell$ :  $V=S\ell$ .

Відстань  $\ell$  можна подати як добуток швидкості водного потоку  $v$  та часу  $t$ :

$$\ell = vt. \tag{1}$$

Таким чином,

$$V = Svt. \tag{2}$$

Частка об'єму води і часу – це витрати води за одиницю часу (далі – витрата води):

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{Svt}{t} = Sv. \tag{3}$$

Із (3) слідує, що витрата води дорівнює добутку площі поперечного перерізу водного потоку на його середню швидкість, тобто  $Q = Sv$ . Отже,

визначенням витрати води є синтез двох експериментальних вимірювань: спершу необхідно якомога точніше виміряти площу поперечного перерізу річки; потім у різних місцях розглядуваного перерізу за допомогою поплавків вимірюють поверхневі швидкості течії, які використовують задля розрахунку витрат.

Формула (3) справедлива для ідеальної течії. У разі реальної течії результат потрібно помножити на 0,75.

**Задача 2.** Запропонуйте експериментальну методику визначення потрібних фізичних величин, що фігурують у формулі першої задачі. Вважати, що середня швидкість течії на визначеній вертикалі становить на невеликих річках 85–90% від поверхневої течії.

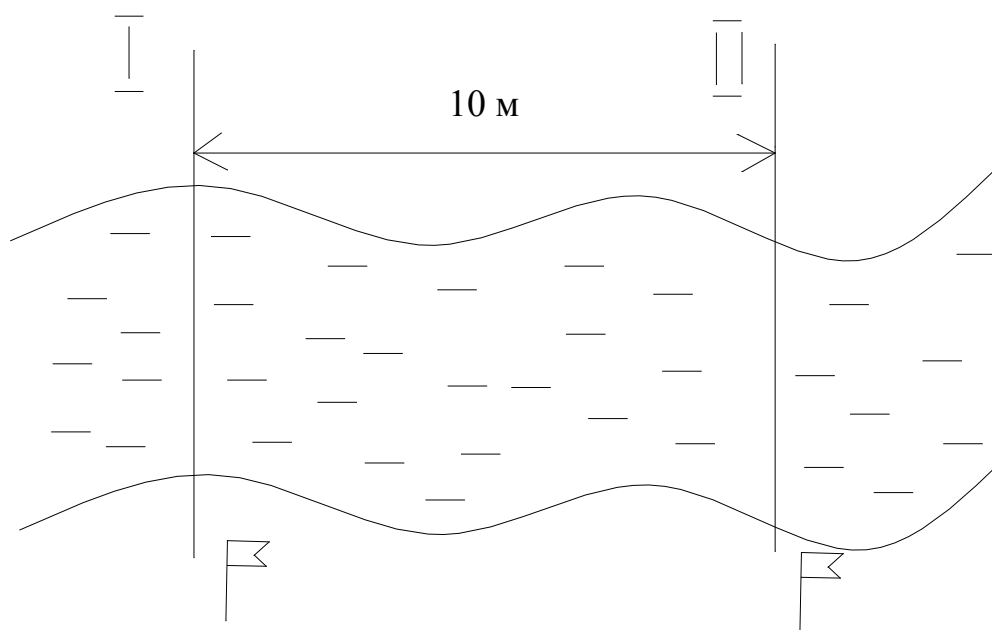


Рис. 2. Розбивка магістралі для вимірювання швидкості течії річки

**Можливий хід розв'язування**

Швидкість течії можна виміряти за допомогою поверхневих поплавків, наприклад, легких дерев'яних кругів, діаметром 8–12 см, яскравого кольору. Для цього на річці слід вибрати вільну від водної рослинності, відносно прямолінійну ділянку і на одному з берегів паралельно осі річки розбити пряму лінію (назвемо її магістраль) довжиною  $\ell$ . На кінцях магістралі встановити віхи, по яких розмітити два перерізи такої відстані, що коли поплавок пустити з верхнього перерізу приблизно посередині річки, він повинен досягнути нижнього перерізу приблизно через 20–30 с (див. рис. 2).

Закидаючи поплавок (з берега, моста чи човна) в різні місця по ширині річки, зафіксувати час проходження поплавка від верхнього перерізу до нижнього. Знаючи шлях  $\ell$  і час  $t$ , поділивши перше на друге, знаходимо швидкість течії.

На кожному досліджуваному місці потрібно запускати мінімум три поплавки. Якщо всі поплавки дають

близькі між собою значення швидкостей, то швидкість течії – це середнє арифметичне значення всіх отриманих швидкостей. Швидкості поплавків, що різко відрізняються від решти (більш ніж на 10%), до уваги не брати.

Визначивши поверхневу швидкість, можна легко знайти середню швидкість для означеної вертикалі по всій її глибині. Для цього вважатимемо, що згідно з дослідженнями Х. В. Кроки зазвичай середня швидкість течії на визначеній вертикалі становить на невеликих річках 85–90% від поверхневої течії (Крока, 2021).

Для визначення загальної площі перерізу можна поверхню поперечного перерізу потоку річки розбити на вузькі смужки, товщиною  $\Delta L$ .  $h_n$  – глибина водойми на краю  $n$ -того інтервалу (див. рис. 3). Як видно з рисунку 3, дві крайні смужки за формою близькі до прямокутних трикутників тому їх площа обчислюється за формулою:

$$\Delta S_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \Delta L h. \tag{4}$$

Усі інші смужки за формою близькі до трапеції (див. рис.3), тому їх площі можна обчислити за формулою:

$$\Delta S_{\text{трап}} = \frac{h_n + h_{n-1}}{2} \Delta L \quad (5)$$

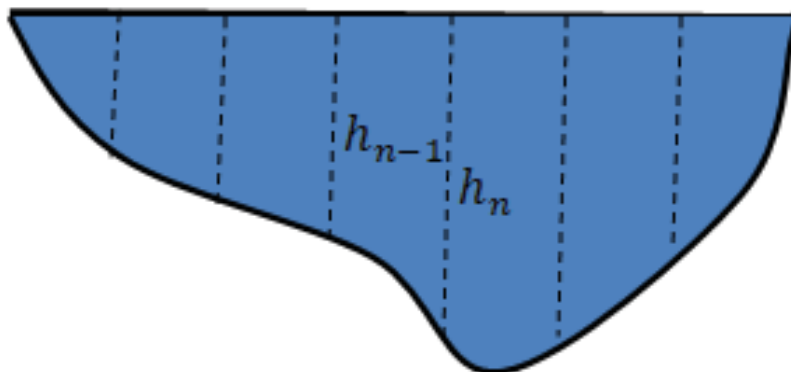


Рис. 3 Уявне розбивання поперечного перерізу площини потоку річки на тонкі смужки товщиною  $\Delta L$

**Задача 3.** Виведіть формулу для обчислення корисної потужності гідроагрегату, на який падає потік води певної об'ємної витрати з висоти  $H$ , якщо його ККД становить 85%.

**Можливий хід розв'язування**

Теоретично потужність водного потоку  $N$  з витратою  $Q$  і напором  $H$  (тобто висотою падіння води) може бути розрахована за формулою:

$$N = \frac{mgH}{t} = \frac{\rho V g H}{t} = \rho Q g H, \quad (7)$$

Тоді загальна площа перерізу становитиме:

$$S = \sum \Delta S. \quad (6)$$

де  $m$  – маса води, яка падає з висоти  $H$  за час  $t$ ;  $\rho$  – густина води,  $g$  – прискорення вільного падіння; вираз  $mgH$  – потенціальна енергія води зверху греблі.

Очевидно, що не вся потужність водного потоку повністю передається гідроагрегату, котрий приводить у рух генератор електричної енергії. Для визначення корисної потужності переданої гідроагрегату  $N_k$ , вводять коефіцієнт корисної дії  $\eta$ , що варіюється в діапазоні від 0,70 до 0,90:

$$N_k = \eta \rho g Q H. \quad (8)$$

**Експериментальні дослідження та опрацювання їх результатів**  
(наведено приклад результатів експериментальних досліджень учнів Обласного наукового ліцею в м. Рівне Рівненської обласної ради під керівництвом Кроки Христини Валеріївни)



Фото. Течія річки Устя за мостом о. Басів Кут

**Задача 4.** Маючи у розпорядженні човен, довгу мірну стрічку, секундомір (можна скористатися мобільним телефоном) та декілька яскравих дерев'яних дисків діаметром 8–12 см, експериментально визначте середню швидкість течії річки біля моста о. Басів Кут м. Рівне (див фото).

**Хід розв'язування**

У зв'язку із невеликою шириною річки можна визначити швидкість течії не в кожній ділянці перерізу, а середню швидкість поверхневої течії. Для вимірювання швидкості поверхневої течії було заміряно час пропливу 5 поплавків на магістралі 10 м (див. рис. 5).

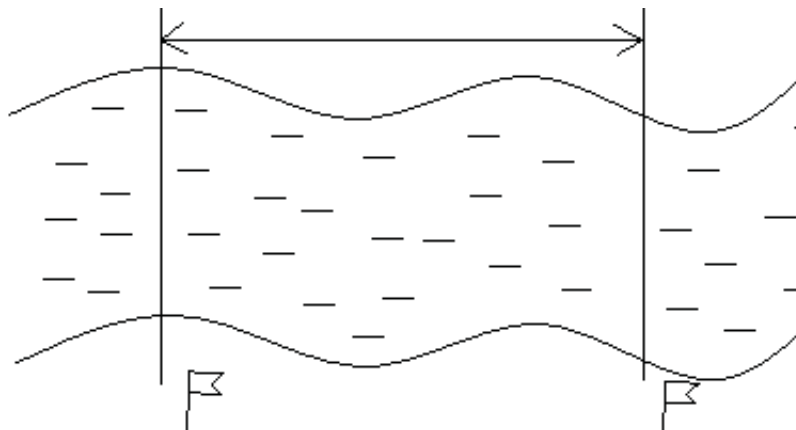


Рис. 5. Вимірювання швидкості течії методом поверхневих поплавків

Через те, що на рух поплавків могли вплинути тимчасові збурення течії, контакт із водною рослинністю та інші чинники, було відкинуто найменше та

найбільше значення, а три залишених значення, використані для розрахунків, результати яких занесені до таблиці 1.

Таблиця 1

**Обчислення середньої швидкості поверхневої течії річки Устя**

№ з/п	Час t, с	Середнє значення часу t, с	База, м	Середня швидкість v, м/с
1	49	51	10	0,196
2	50			
3	54			

Тоді середня швидкість усього потоку становить  $0,85 \cdot 0,196 = 0,17$  м/с.

поперечного перерізу створу річки. Обчислити витрату води у досліджуваному створі р. Устя.

**Задача 5.** Маючи у розпорядженні човен, довгу мірну стрічку та довгу жердину із поділками відстані для визначення глибини річки, оцінити площу

у досліджуваному створі від відстані до берега наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Глибина річки Устя у досліджуваному створі**

L, м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
h, м	0,00	0,45	0,83	1,27	1,43	1,62	1,75	1,65	1,43	1,08	0,78	0,00

Результати обчислень, здійснені згідно з формулами (4), (5), (6), наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

**Площі перерізу річки у досліджуваному створі**

Межі, м	0–4	4–8	8–12	12–16	16–20	20–22	Загальна площа
Площа, м <sup>2</sup>	1,66	4,52	6,36	6,36	4,45	0,78	24,13

Фіктивна витрата води річки Устя в заданому перерізі згідно з (3) дорівнює:

$$Q_{\text{ф}} = \sum S \cdot v_c = 24,13 \cdot 0,196 = 4,73 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9)$$

Дійсна витрата води для малих річок становить 75% від фіктивної витрати, тому значення дійсної витрати води у цьому разі становить:

$$Q = 4,73 \cdot 0,75 = 3,54 \text{ м}^3/\text{с} \quad (10)$$

**Задача 6.** Оцінити корисну потужність гідроагрегату, розташованому в досліджуваному створі річки Устя, вважаючи його ККД 85%, висоту напору  $H=3$  м, густину води –  $10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а прискорення вільного падіння –  $9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Згідно з формулою (8)

$$N_k = 0,85 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 3,54 \cdot 3 = 88,55 \cdot 10^3 \text{ Вт} \quad (11)$$

Отже, оцінка значення корисної механічної потужності, що може отримати турбіна гідрогенератора у досліджуваному створі річки, становить приблизно 88,55 кВт.

**Визначення капіталовкладень та терміну окупності будівництва ГЕС**

**Задача 7.** Застосовуючи значення стоку річки Устя по місяцях, отриманих із довідника «Малі ріки України», обчислити середньомісячні втрати та середньомісячну потужність напору води з висоти 3 м. (формула 8). Оцінити виробіток енергії як добуток потужності на кількість годин у місяці. Результати обчислень занести до відповідних рядків таблиці 4.

Таблиця 4

**Помісячні витрати води р. Устя**

	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрата, м <sup>3</sup> /с	0,55	1,49	3,54	1,08	0,54	0,46	0,75	0,37	0,36	0,45	0,70	0,64
Напір, м												
Потужність, кВт												
Виробіток, кВт·год												

Результати запропонованих у задачі 7 обчислень учні відобразили як вказано у таблиці 5.

Таблиця 5

**Енергетичні розрахунки**

	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрата, м <sup>3</sup> /с	0,55	1,49	3,54	1,08	0,54	0,46	0,75	0,37	0,36	0,45	0,70	0,64
Напір, м	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Потужність, кВт	13,66	37,15	88,51	27,04	13,39	11,47	18,85	9,29	9,01	11,20	17,48	16,12
Виробіток, кВт·год	9834,093	26748,73	63724,92	19471,50	9637,411	8260,638	13571,05	6687,183	6490,502	8063,957	12587,63	11604,23

Як видно з цієї таблиці, середньорічна потужність становить 22,76 кВт (приймаємо 30 кВт). Тоді сумарний виробіток електроенергії за рік становить  $196681,87 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{рік}}$ .

**Задача 8.** Знаючи значення «зеленого тарифу» до початку війни –  $0,105$  € за 1 кВт·год електроенергії, обчисліть річний прибуток від продажу такої електроенергії.

**Можливий хід розв’язування**

Для знаходження максимального річного прибутку потрібно помножити загальний річний виробіток енергії на вартість 1 кВт·год:

$$П = 196681,87 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{рік}} \cdot 0,105 \frac{\text{€}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} \approx 2,07 \cdot 10^4 \frac{\text{€}}{\text{рік}} \quad (12)$$

**Задача 9.** Оцініть величину капіталовкладень для будівництва ГЕС, що складається із будівництва споруди та вартості обладнання. Важайте, що вартість будівництва коливається від 500 до 2500 €/кВт, а вартість обладнання для означеної потужності (30 кВт) складає близько 150000 € (фірми Cink, WTW, Skotta, Mavell). Визначте термін окупності такої станції як відношення вартості капіталовкладень до річного прибутку.

**Можливий хід розв’язування**

Вартість будівництва виберемо як середнє арифметичне значення 1500 €/кВт. Тоді величина капіталовкладень дорівнює сумі:

$$K = 30 \text{ кВт} \cdot 1500 \frac{\text{€}}{\text{кВт}} + 150000 \text{ €} = 195000 \text{ €} \quad (13)$$

Відповідно термін окупності станції становитиме:

$$\frac{K}{П} = \frac{195000 \text{ €}}{20700 \text{ €}/\text{рік}} = 9,4 \text{ роки} \quad (14)$$

**Висновки.** В означеному дослідженні ми навели приклад можливостей організації позаурочного STEM-дослідження, що охоплює собою розвиток компетентностей у галузі фізики (теоретичної та експериментальної), енергетики, екології, економіки та фінансів. Наведений приклад STEM-дослідження доводить, що його організація можлива при застосуванні відповідних напрямів дослідження із залученням різноманітних навчальних предметів. Проте, як свідчить практика, кількість таких напрямів не може бути як завгодно великою, а завдання рівнозначно складними. Щодо кількості напрямів, то необхідно вибрати їх оптимальне число (не більше 4, 5), оскільки будь-яке навчальне дослідження обмежене у часі.



Серед обраних напрямів STEM-досліджень необхідно вибрати головний («центр кристалізації»), складність якого є найбільшою. У нашому випадку таким напрямом є фізика.

Упровадження у навчальну практику елементів STEM-освіти створює передумови одночасного розвитку компетентностей у різних галузях життєдіяльності, що є невід'ємною вимогою сучасних освітніх технологій.

Наші спостереження свідчать, що ефективна реалізація STEM-освіти у процесі як поурочної, так і позаурочної форми навчання можлива при постановці локальних навчально-дослідницьких задач під керівництвом викладача.

**Перспективи подальших досліджень** передбачають розробку нових типів завдань STEM-досліджень із залученням інших навчальних предметів, наприклад, фізики, біології, хімії, географії, історії, інформатики, математики тощо.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Що таке STEM? STEM-освіта в Україні: відео з YouTube. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=ZS930V2mPS4&ab\\_channel](https://www.youtube.com/watch?v=ZS930V2mPS4&ab_channel) (дата звернення: 11.10.2022).

Баран Г. Ідеї В. О. Сухомлинського при вивченні фізики: презентація. *Всеосвіта*: національна освітня платформа. URL: <https://vseosvita.ua/library/prezentacia-idei-vosuhomlinskogo-pri-vivcenni-fiziki-101124.html> (дата звернення: 10.10.2022).

Сухомлинський, В. О. (1976). Вибрані твори: в 5 т. Т. 2. Київ: Радянська школа. 670 с.

Рибалко, А. В., Галатюк, М. Ю. (2008). Системно-структурний аналіз навчального дослідження. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія «Педагогічні науки»*. Вип. 30. Чернігів: ЧДПУ. С. 291–294.

Галатюк Ю. М. (1998). Організація дослідницької роботи учнів під час вивчення фізики в старших класах середньої школи: дис. ... канд. пед. наук. Рівне. 156 с.

Рибалко, А. В. (2007). Система дослідницьких задач як засіб розвитку продуктивного мислення старшокласників у навчанні фізики: дис. ... канд. пед. наук. Рівне. 282 с.

Демкова, В. О., Мисліцька, М. А., Заболотний, В. Ф. (2021). Електронний навчально-методичний комплект «Природничі науки в педагогічних університетах: лабораторний експеримент з фізики в хмаро орієнтованому середовищі». *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / [редкол.: С. В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін.]. Вип. 27. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 188 с.

Поведа, Т. П., Поведа, Р. А. Особливості організації науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти на перших етапах навчання в університеті. (2021). *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: С. В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін. Вип. 27. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 188 с.

Чорна, О. Г., Рачковський, О. М. (2021). Формування готовності здобувачів вищої освіти до науково-дослідної діяльності. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: С. В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін. Вип. 27. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 188 с.

Козій, В. Дослідницька діяльність учнів початкової школи на уроках природознавства. *Система неперервної освіти вчителів початкової школи: вебсайт*. URL: <https://sno.udpu.edu.ua/index.php/naukovo-metodychna-robota/85-neperervna-pedahohichna-osvita-v-ukrayini-stan-problemy-perspektyvy-2018-r/86-doslidnitska-diyalnist-uchniv-pochatkovoji-shkoli-na-urokakh-prirodnavstva> (дата звернення: 12.09.2022).

Муляревич, В. (2016). Організація дослідницької діяльності школярів. URL: <https://www.slideshare.net/ssuser77bff9/ss-67217070> (дата звернення: 12.09.2022).

Мороз, П. В. Мороз І. В. (2018). Дослідницька діяльність учнів у процесі навчання всесвітньої історії в основній школі: методичний посібник. Київ: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ». 96 с.

Когут, С. А. (2018). Навчально-дослідницька діяльність учнів на уроках української мови та літератури. *Всеосвіта*: національна освітня платформа. URL: <https://vseosvita.ua/library/navchalno-doslidnitska-diyalnist-uchniv-na-urokakh-ukrainskoi-movi-ta-literaturi-17545.html> (дата звернення: 10.09.2022).

Білик, Р. М., Оптасюк, С. В. (2021). Впровадження елементів STEM-освіти у шкільному курсі астрономії. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: С. В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін. Вип. 27. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 188 с.

Рибалко, А. В., Рибалко О. С. (2021). Системний аналіз структури навчального дослідження у STEM-лабораторії. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: С. В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін. Вип. 27. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 188 с.

Старенький І., Дзюба А. Як розгорнути STEAM-лабораторію в школі. URL: <https://yak-rozgornuty-steam-laboratoriya-v-shkoli/> (дата звернення: 12.09.2022).

Інноваційні технології навчання фізики в контексті STEM-освіти в закладах вищої освіти технічного профілю. URL: <https://pedbezheka.vntu.edu.ua/index.php/ph/article/view/73> (дата звернення: 11.09.2022).

Шарко, В. (2016). Модернізація системи навчання учнів STEM-дисциплін як методична проблема. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка. Серія «Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти»*. Вип. 10 (III). Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. С. 160–165.

Крока, Х. (2021). Теоретичне моделювання енергоефективності річки Устя. Рівне. 24 с. URL: <http://www.ecosvit.net/ua/zeleniy-tarif> (дата звернення: 21.09.2022).

REFERENCES

Shcho take STEM? STEM-osvita v Ukraini: video z YuoTub [What is STEM? STEM education in Ukraine]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=ZS930V2mPS4&ab\\_channel](https://www.youtube.com/watch?v=ZS930V2mPS4&ab_channel) (data zvernennia: 11.10.2022). [in Ukrainian].

Baran H. Idei V. O. Sukhomlynskoho pry vyvchenni fizyky [Sukhomlynskyi in the study of physics: presentation. Universal education: national educational platform]: prezentatsiia. *Vseosvita: natsionalna osvitiina platforma*. URL: <https://vseosvita.ua/library/prezentatsiia-idei-vosuhomlynskogo-pri-vivcenni-fiziki-101124.html>. (data zvernennia: 10.10.2022). [in Ukrainian].

Sukhomlynskyi, V. O. (1976). *Vybrani tvory* [Selected works] : v 5 t. T. 2. Kyiv: Radianska shkola. 670 s. [in Ukrainian].

Rybalko, A. V., Halatiuk, M. Yu. (2008). Systemno-strukturnyi analiz navchalnoho doslidzhennia [System-structural analysis of educational research]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni T. H. Shevchenka. Serii «Pedahohichni nauky»*. Vyp. 30. Chernihiv: ChDPU. S. 291–294. [in Ukrainian].

Halatiuk Yu. M. (1998). Orhanizatsiia doslidnytskoi roboty uchniv pid chas vyvchennia fizyky v starshykh klaskakh serednoi shkoly [Organization of students' research work during the study of physics in senior high school classes]: dys. ... kand. ped. nauk. Rivne. 156 s. [in Ukrainian].

Rybalko, A. V. (2007). Systema doslidnytskykh zadach yak zasib rozvytku produktyvnoho myslennia starshoklasnykiv u navchanni fizyky [The system of research problems as a means of developing productive thinking of high school students in teaching physics]: dys. ... kand. ped. nauk. Rivne. 282 s. [in Ukrainian].

Demkova, V. O., Myslitska, M. A., Zabolotnyi, V. F. (2021). Elektronnyi navchalno-metodychnyi komplet «Pryrodnychi nauky v pedahohichnykh universytetakh: laboratornyi eksperyment z fizyky v khmaro oriientovanomu seredovyshchi» [Electronic educational and methodological kit «Natural sciences in pedagogical universities: a laboratory experiment in physics in a cloud-oriented environment»]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / redkol.: S. V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.* Vyp. 27. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka. 188 s. [in Ukrainian].

Poveda, T. P., Poveda, R. A. (2021). Osoblyvosti orhanizatsii naukovo-doslidnoi roboty zdobuvachiv vyshchoi osvity na pershykh etapakh navchannia v universyteti [Peculiarities of the organization of scientific research work of students of higher education at the first stages of university studies]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / redkol.: S. V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.* Vyp. 27. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka. 188 s. [in Ukrainian].

Chorna, O. H., Rachkovskiy, O. M. (2021). Formuvannia hotovnosti zdobuvachiv vyshchoi osvity do naukovo-doslidnoi diialnosti [Formation of the readiness of higher education applicants for research activities].

*Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / redkol.: S. V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.* Vyp. 27. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka. 188 s. [in Ukrainian].

Kozii, V. Doslidnytska diialnist uchniv pochatkovoii shkoly na urokakh pryrodnavstva [Research activity of elementary school students in natural science lessons]. *Systema neperervnoi osvity vchyteliv pochatkovoii shkoly*: vebсайт. URL: <https://sno.udpu.edu.ua/index.php/naukovo-metodychna-robota/85-neperervna-pedahohichna-osvita-v-ukrayini-stan-problemy-perspektyvy-2018-r/86-doslidnitska-diyalnist-uchniv-pochatkovoi-shkoli-na-urokakh-prirodnavstva> (data zvernennia: 12.09.2022). [in Ukrainian].

Muliarevych, V. (2016). Orhanizatsiia doslidnytskoi diialnosti shkoliariv [Organization of research activities of schoolchildren]. URL: <https://www.slideshare.net/ssuser77bft9/ss-67217070> (data zvernennia: 12.09.2022). [in Ukrainian].

Moroz, P. V. Moroz I. V. (2018). Doslidnytska diialnist uchniv u protsesi navchannia vsesvitnoi istorii v osnovnii shkoli [Research activities of students in the process of learning world history in primary school: methodical guide]: metodychnyi posibnyk. Kyiv: TOV «KONVI PRINT». 96 s. [in Ukrainian].

Kohut, S. A. (2018). Navchalno-doslidnytska diialnist uchniv na urokakh ukrainskoi movy ta literatury [Educational and research activities of students in Ukrainian language and literature classes. Universal education: national educational platform]. *Vseosvita: natsionalna osvitiina platforma*. URL: <https://vseosvita.ua/library/navchalno-doslidnytska-diyalnist-uchniv-na-urokah-ukrainskoi-movi-ta-literaturi-17545.html> (data zvernennia: 10.09.2022). [in Ukrainian].

Bilyk, R. M., Optasiuk, S. V. (2021). Vprovadzhennia elementiv STEM-osvity u shkilnomu kursii astronomii [Implementation of elements of STEM education in the school astronomy course]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / redkol.: S. V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.* Vyp. 27. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka. 188 s. [in Ukrainian].

Rybalko, A. V., Rybalko O. S. (2021). Systemnyi analiz struktury navchalnoho doslidzhennia u STEM-laboratorii [System analysis of the structure of educational research in the STEM laboratory]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / redkol.: S. V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.* Vyp. 27. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka. 188 s. [in Ukrainian].

Starenkyi I., Dziuba A. Yak rozghornuty STEAM-laboratorii v shkoli [How to deploy a STEAM laboratory at school]. URL: <https://yak-rozghornuty-steam-laboratoriya-v-shkoli/> (data zvernennia: 12.09.2022). [in Ukrainian].

Innovatsiini tekhnolohii navchannia fizyky v konteksti STEM-osvity v zakladakh vyshchoi osvity tekhnichnoho profilii [Innovative technologies of teaching physics in the context of STEM education in institutions of higher technical education]. URL: <https://pedbezheka>.

vntu.edu.ua/index.php/ph/article/view/73] (data zvernennia: 11.09.2022). [in Ukrainian].

Sharko, V. (2016). Modernizatsiia systemy navchannia uchniv STEM-dystsyplin yak metodychna problema [Modernization of the education system for STEM students as a methodological problem]. *Naukovi zapysky Tsentralnoukrainskoho derzhavnogo pedahohichnogo universytet im. V. Vynnychenka. Seriia «Problemy*

*metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity»*. Vyp. 10 (III). Kropyvnytskyi: RVV KDPU im. V. Vynnychenka. S. 160–165. [in Ukrainian].

Kroka, Kh. (2021). Teoretychne modeliuvannia enerhoefektyvnosti richky Ustia [Theoretical modeling of the energy efficiency of the Ustya River]. Rivne. 24 s. URL: <http://www.ecosvit.net/ua/zeleniy-tarif> (data zvernennia: 21.09.2022). [in Ukrainian].

Дата надходження до редакції: 19.08.2022

УДК 37.091.212-047.22]:004  
DOI: 10.37026/2520-6427-2022-111-3-41-47

**Ніна ТИМЧИНА,**  
старший викладач кафедри  
природничо-математичної освіти  
Рівненського обласного інституту  
післядипломної педагогічної освіти,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0001-9247-1851  
e-mail: n.tymchyna@roippo.org.ua

**Віталія ТИМЧИНА,**  
старший викладач кафедри  
природничо-математичної освіти  
Рівненського обласного інституту  
післядипломної педагогічної освіти,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0002-1030-6463  
e-mail: v.tymchyna@roippo.org.ua

**Наталія КРУТОВА,**  
кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри  
природничо-математичної освіти  
Рівненського обласного інституту  
післядипломної педагогічної освіти,  
м. Рівне, Україна  
ORCID: 0000-0002-2033-2497  
e-mail: natashulaj@gmail.com

## ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ТА КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ

**Анотація.** У статті розкрито питання формування компетенцій та компетентностей учнів сучасного закладу загальної середньої освіти. Проаналізовано засадничі положення досліджуваної проблеми у поглядах українських та зарубіжних науковців на основі аналізу психолого-педагогічної й методичної літератури з питання реалізації компетентнісного підходу в освітньому процесі різних типів закладів. З'ясовано сутність понять «компетентність», «компетентнісний підхід», «компетентність».

Представлено основні компетентності здобувача освіти відповідно до Державного стандарту базової середньої освіти. Виокремлено ключові компетенції особистості й з'ясовано, як ці категорії формуються у процесі навчання учнів інформатики. Проаналізовано основні види діяльності учнів на уроках інформатики для розвитку кожної з ключових компетенцій, зацентовано увагу на особливостях формування інформаційної компетенції.

Доведено, що найбільш доречним засобом формування компетентностей учнів на уроці інформатики є