

УДК: 004:37.091.26:539.2:355/359

DOI 10.18372/2786-5495.1.17799

**Сичікова Яна Олександрівна** 

доктор технічних наук, професор,

проректор з наукової роботи

Бердянського державного педагогічного університету,

м. Бердянськ, Україна,

[yanasuchikova@gmail.com](mailto:yanasuchikova@gmail.com)

**Ковачов Сергій Сергійович** 

науковий співробітник,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна,

[essfero@gmail.com](mailto:essfero@gmail.com)

**Попова Анастасія Сергіївна** 

кандидат педагогічних наук, доцент,

доцент кафедри соціальної роботи та інклюзивної освіти,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна,

[kovaleva.anastasia.45@gmail.com](mailto:kovaleva.anastasia.45@gmail.com)

**Богданов Ігор Тимофійович** 

доктор педагогічних наук, професор,

ректор

Бердянського державного педагогічного університету,

м. Бердянськ, Україна,

[bogdanovbdpu@gmail.com](mailto:bogdanovbdpu@gmail.com)

**ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА БІХРОННЕ НАВЧАННЯ**

**ПІД ЧАС ВІЙНИ: ПРАКТИЧНИЙ ПРИКЛАД**

**ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ НАНОІНЖЕНЕРІВ**

**Анотація.** Стаття пропонує стратегію екстреного реагування та переформатування існуючих навчальних курсів та програм підготовки майбутніх наноінженерів на дистанційний формат з використанням засобів синхронного та асинхронного навчання. На прикладі Бердянського державного педагогічного університету автори статті демонструють покроковий план підготовки наноінженерів під час війни, який включає розробку пакетів завдань для обробки великих даних результатів досліджень, використання великого пакету програмних засобів для обробки та візуалізації даних, включення технологій штучного інтелекту у навчальний та дослідницький процес підготовки фахівців.

**Ключові слова:** наноінженери, дистанційне навчання, бази даних, підготовка фахівців, штучний інтелект, наноматеріали.

**Annotation.** The article proposes a strategy for emergency response and reformatting of existing training courses and training programs for future nanoengineers to a distance format using synchronous and asynchronous learning tools. Using the example of the Berdyansk State Pedagogical University, the authors of the article demonstrate a step-by-step plan for training nanoengineers during the war, which includes the development of task packages for processing large data of research results, the use of a large package of software tools for data processing and visualization, the inclusion of artificial intelligence technologies in the educational and research training process specialists.

**Key words:** nanoengineers, distance learning, databases, specialist training, artificial intelligence, nanomaterials.

**Вступ.** Сьогодні нанотехнології, як основні проривні технології, впевнено переходять з площини лабораторних досліджень до промислового виробництва та застосування майже в усіх галузях народного господарства, суспільних практик, воєнної промисловості і національної безпеки [1]. Подальший розвиток системи національної безпеки та оборони України вимагає від

системи вищої освіти підготовки компетентних фахівців у галузі наноматеріалознавства, здатних застосовувати на практиці новітні досягнення сучасної науки, творчо використовувати та створювати інноваційні наноматеріали і нанотехнології [2]. Проте на сьогодні назріла суперечність у системі підготовки цих фахівців: між потребами оборонної галузі у високопрофесійних фахівцях та недостатнім рівнем сформованості їхньої професійної компетентності [3]. Тобто є деякі об'єктивні проблеми через суперечність між моделями підготовки відповідних фахівців, з одного боку, та вимогами бізнесу, суспільства та держави до фахівців у професіях майбутнього, з іншого. Найбільш затребуваними є спеціалісти, які володіють сучасними технологіями синтезу наноструктур [4], маніпулюванням їхніми розмірами [5] та властивостями [6] та механізмами впровадження сучасних наноматеріалів у реальні сектори господарства, оборонних технологій і виробництва [7].

Україна відчуває цю потребу ще більше, адже маємо запит на розвиток критичних технологій та технологій подвійного призначення вже сьогодні. З іншого боку, маємо констатувати, що ми опинилися у ситуації нестачі фахівців, здатних готувати майбутніх наноінженерів до продуктивної діяльності та відсутності відповідних методик їхньої підготовки. Попит на відповідні спеціальності теж вкрай низький. Ситуація ускладнюється ще тим, що маємо значні втрати матеріально-технічної бази університетів через руйнування, спричинені війною [8]. Підготовка фахівців переходить в онлайн та асинхронний формат [9; 10]. У світі теж наявна ця проблема через досі триваючу пандемію COVID [11].

Війна, з одного боку, вимагає негайної розробки нових воєнних технологій, з іншого боку - гальмує або зовсім унеможлиблює освітній процес [12]. Руйнування [13], знищення наукової та освітньої інфраструктури [14], внутрішнє та зовнішнє переміщення викладачів і студентів [14; 15], окуповані міста [16] та релокація з них університетів [17; 18], відсутність електрики та інтернету - це ті виклики, які постають перед українською системою освіти. Сьогодні вже є дослідження, присвячені впливу війни на наукову та

викладацьку ефективність українських викладачів [19; 20]. Однак поки немає жодного дослідження щодо розробки систем, механізмів, технологій забезпечення якості підготовки фахівців до продуктивної діяльності в сучасних умовах. Тим більше, зовсім не досліджено питання підготовки наноінженерів в умовах дистанційного, змішаного навчання із застосуванням технологій синхронного та асинхронного навчання.

**Мета статті** – розрити питання підготовки фахівців наноінженерів під час війни. Розглядається стратегія екстреного реагування на нові реалії та переформатування існуючих навчальних курсів та програм на дистанційний формат з використанням засобів синхронного та асинхронного навчання на прикладі Бердянського державного педагогічного університету. Описується покроковий план підготовки наноінженерів, який включає використання засобів сучасних технологій, таких як онлайн-дослідження, програмні засоби для обробки даних, інтерпретація даних за допомогою штучного інтелекту.

**Методологія.** *Контекст.* Дослідження проводилося на базі Бердянського державного педагогічного університету (БДПУ). Університет територіально був розташований у м. Бердянськ (Україна), яке з перших днів війни на початку 2022 року опинилося в окупації. Університет було захоплено окупантами, вся матеріально-технічна база була втрачена, а фізико-математичний корпус було розстріляно. У квітні 2022 року університет наказом Міністерства освіти і науки України було переміщено у м. Запоріжжя. *Сьогодні університет існує повністю у віртуальному форматі.* Навчання відбувається дистанційно із застосуванням методів синхронного та асинхронного навчання. У цих умовах постала серйозна проблема підготовки наноінженерів, адже традиційні програми передбачають роботу в лабораторіях та проведення вимірювань властивостей зразків. Ця ситуація зумовила необхідність переформатування програм та пошуку нових підходів до викладання.

*Методи дослідження властивостей наноматеріалів.* Для реалізації дослідницької компоненти підготовки наноінженерів викладачами кафедри фізики та методики навчання фізики БДПУ було зроблено акцент на

цифровізацію навчання та застосування технологій штучного інтелекту для підготовки здобувачів, які навчаються за програмою «Прикладна фізика та наноматеріали».

**Виклад основного матеріалу.** Для аналізу властивостей наноматеріалів, а також перевірки їхніх функціональних властивостей було розроблені технології дистанційного керування процесом випробувань зразків (з використанням методів SEM, TEM, XRD, EDX, RAMAN тощо). Так як власна матеріально-технічна база університету була втрачена, було заключено договір Студенти залучалися до спільних ЗУМ зустрічей з Сумським державним університетом, з яким до війни були налагоджені тісні партнерські стосунки. База їхнього Центру колективним користуванням обладнанням «Лабораторія матеріалознавства геліоенергетичних, сенсорних та наноелектронних систем» містить таке наукове обладнання:

- Скануючий електронний мікроскоп SEO-SEM Inspect S50-B;
- Просвічуючий електронний мікроскоп ПЭМ-125К;
- Мікропроцесорний спектрофотометр Lasany LI-722;
- Високоєфективний рідинний хроматограф Agilent Technologies 1200;
- Рентгенівський дифрактометр ДРОН-3М;
- Спектрометр ElvaX Light SDD;
- Раманівський мікроспектрометр RENISHAW inVia Reflex.

До Лабораторії матеріалознавства геліоенергетичних, сенсорних та наноелектронних систем було передано комплект дослідних зразків. Дослідження властивостей на вищезгаданому обладнанні відбувалося із залученням здобувачів в онлайн-форматі на ЗУМ-зустрічах.

*Обробка даних.* Наступним етапом було обробка даних, отриманих при вимірюваннях властивостей наноматеріалів. Було розроблено методики користування унікальними базами даних кристалічних структур та інших ресурсів і професійних програмних додатків, необхідних для проведення досліджень структур наноматеріалів (табл. 1).

Таблиця 1

**Програмні продукти та бази даних,  
які застосовувалися для обробки даних**

<b>№</b>	<b>Програмний продукт / база даних</b>	<b>Призначення</b>
1	VESTA	Дослідження кристалічної структури
2	Cambridge Structural Database (CSD)	Дослідження кристалічної структури
3	Inorganic Crystal Structure Database (ICSD)	Дослідження кристалічної структури
4	Crystallography Open Database	Дослідження кристалічної структури
	Materials Project	Дослідження кристалічної структури
5	IMAGE J	Аналіз мікроскопічних зображень
6	Origin Pro	Аналіз даних та наукових графіків
7	StatNano	Класифікація наноматеріалів
8	LabSolutions	Аналіз даних та наукових графіків
9	Research4Life	Онлайн-доступ до академічного та професійного рецензованого контенту

Більшість з цих програмних додатків та баз даних доступні за передплатою, через що доступ до них був обмежений для українських здобувачів освіти. Під час війни виробники цих продуктів відкрили вільний доступ до більшості з них для українських дослідників.

*Аналіз джерел.* Для пошуку та аналізу релевантних літературних джерел студентам було запропоновано застосовувати застосунки на основі штучного інтелекту (ШІ) (табл. 2).

*Інтерпретація результатів*

Для інтерпретації отриманих даних вимірювань та зібраних даних літературних джерел студентам було запропоновано використання великою мовної моделі ChatGPT.

**Таблиця 2**

**Додатки на основі ШІ для пошуку та аналізу наукових джерел**

<b>№</b>	<b>Застосунок</b>	<b>Опис</b>
1	Summate.it	«Quickly summarize web articles with OpenAI (experimental)»
2	Consensus	«Ask a question, get conclusions from research papers»
3	SCISPACE	«Your AI research assistant Do hours worth of reading and understanding in minutes Highlight confusing text, math, and tables to get a simple explanation Ask follow-up questions and get instant answers A new way to search and find relevant papers without specifying keywords»
4	Elicit	«The AI Research Assistant»
5	Perplexity AI	«Допомагає у створенні систем інформаційного пошуку, які дозволяють шукати наукові статті з певних запитів, враховуючи контекст та семантику запиту»
6	Semantic Scholar	«A free, AI-powered research tool for scientific literature»

Зокрема було запропоновано працювати за такими запитами:

- Зробити таблицю з набору даних;
- Розрахувати розмір нанокристалітів за формулою Шеррера;
- Проаналізувати дані таблиці;
- Визначити залежності між змінними величинами;
- Встановити кореляційні зв'язки;
- Узагальнити результати.

*Оформлення результатів та написання звіту*

Для написання звіту студентам було запропоновано вибрати формат наукової статті IMRaD за типовою структурою (таблиця 3).

**Таблиця 3**

**Формат звіту у вигляді наукової статті**

<b>Елемент статті</b>	<b>Опис, складові</b>
Титульний аркуш	Назва статті; Імена та прізвища авторів; Назва установи, де було проведено дослідження; Анотація (короткий опис статті, зазвичай не більше 250 слів); Ключові слова (зазвичай 5-10 слів)
Вступ	Опис проблеми, яку розглядає стаття; Мета дослідження; Гіпотеза або основні питання, що досліджуються; Огляд літератури (попередні дослідження на дану тему)
Методи дослідження	Опис методів та приладів, які були використані в дослідженні; Детальний опис процедури дослідження; Опис статистичних методів, які були використані для обробки даних
Результати	Опис результатів дослідження; Графіки, таблиці та інші ілюстрації, що допомагають у розумінні результатів; Обговорення отриманих результатів та їх значення
Обговорення	Аналіз результатів дослідження; Порівняння з попередніми дослідженнями та обґрунтування відмінностей
Висновки	Основні результати дослідження; Значення дослідження для науки та практики
Подяки та фінансування	Перелік грантів, за якими здійснювалося дослідження
Список літератури	Перелік всіх джерел, які були використані у статті
Додатки	За потреби



Також для спрощення процесу написання статті та удосконалення наукової академічної мови статті студентам було рекомендовано використовувати два інструменти на основі ШІ: додаток ChatGPT для Google документів «GPT for Sheets and Docs» та додаток Writefull для Microsoft Word. Зокрема, студентам було запропоновано у Writefull використовувати інструмент Sentence Palette, яка «пропонує набір фраз, які зазвичай використовуються в академічних роботах, упорядкованих за розділами та цілями».

*Навчання.* Використання кристалографічних баз даних, програмних продуктів для обробки даних, а також додатків на основі ШІ потребують спеціальних знань та навичок. Студентам у вкрай короткий час треба було оволодіти цими знаннями. Відповідні курси у програмі передбачено не було. Також ситуацію ускладнювало те, що у цей час в Україні через постійні ракетні обстріли енергетичної системи були постійні відключення світла та, відповідно інтернету. В різних містах України світла не було по 16, 18, 20, 22 годин на добу. Тому проводити навчання у звичному синхронному режимі (із застосуванням ЗУМ) не було можливим. Тому було розроблено інтенсиви, які включали в себе:

- Перегляд навчаючих відео на ЮТУБ;
- Організація телеграм-чатів;
- Формат заняття OpenDoors «питання-відповідь»
- Семінари та воркшопи;
- Перегляд відео-лекцій відомих науковців у цій галузі.

Ці формати можливо здійснювати в асинхронному режимі. Це дозволило не тільки не зупинити навчальний процес, а й інтенфікувати його.

*Фітбек.* Основним критерієм досягнення цілей було встановлено підготовку звітів студентів, а також відбір найкращих звітів для публікації у співавторстві із викладачами статей у журналах, що індексуються наукометричною базою Scopus. Крім того, кожен здобувач повинен був

виступити із доповіддю на конференції. Випускники магістратури повинні були захистити свої магістерські тези у грудні.

Крім того, постійно проводився моніторинг задоволеністю студентів освітнім процесом. Було розроблено опитувальник у гугл формі, який студенти проходили після кожного навчального модулю.

**Результати.** Зараз, коли студенти спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» провчилися у такому форматі майже рік, можна говорити, що війна значно вплинула на організацію навчального процесу, однак не завадила успішній підготовці майбутніх наноінженерів.

Одним з найвагоміших результатів є публікація у співавторстві зі студентами 6-х статей у журналах, що індексуються у базі даних Scopus, зокрема у журналах:

- Applied Surface Science Advances;
- Nanomaterials and Nanotechnology;
- Metallofizika i Noveishie Tekhnologii;
- Physics and Chemistry of Solid State;
- Himia, Fizika ta Tehnologija Poverhni;
- Journal of Nano- and Electronic Physics.

Співавторами стали здобувачі 2-го освітнього рівня (магістранти) та 3-го освітньо-наукового рівня (PhD студенти). Всі випускники магістратури захистили свої магістерські дисертації на оцінку не нижче 86 балів («В» та «А»). За рік навчання у такому режимі роботи здобувачами було представлено доповіді на 7-ми конференціях. 2 студенти здобули перемогу (1 місце) у Обласному конкурсі для обдарованої молоді в номінаціях «Фізико-математичні науки. Студент», «Фізико-математичні науки. Молодий науковець».

**Дискусія.** Цінність представленого кейсу має конкретно визначені галузі та межі застосувань, а саме підготовка майбутніх наноінженерів для створення критичних технологій та технологій подвійного призначення. Значення цих технологій для України зараз важко переоцінити, так як вони виходять на перший план при забезпеченні обороноздатності країни та безпеки цивільного

населення. Для світової науки та промисловості фахівці у галузі наноматеріалознавства мають критичне значення, адже рівень впровадження нанотехнологій кожної країни є вагомим показником економічного зростання. Потенційний ефект нанотехнологій – це позитивні зрушення та комерціалізація, впровадження нових проривних технологій, що є результатом науково-дослідної конструкторської діяльності. Очікується позитивна економічна віддача у вигляді таких зисків, як створення бізнесу, робочих місць, підвищення конкурентоспроможності, торгівлі, національної безпеки. Ці ланки є запорукою досягнення цілей сталого розвитку, визначених ООН, конкурентоспроможності країн, а для України - ще й забезпечення цілісності національних кордонів і безпеки населення. У цих вимогах часу найважливішим завданням постає підготовка висококваліфікованого конкурентоспроможного фахівця, який володіє загальними і фаховими компетенціями та здатен адаптуватися під вимоги часу і нові реалії.

**Висновки.** У представленому дослідженні розглянуто питання підготовки фахівців наноінженерів під час війни. На прикладі Бердянського державного педагогічного університету продемонстровано стратегію екстреного реагування на нові реалії та переформатування існуючих навчальних курсів та програм на дистанційний формат з використанням засобів синхронного та асинхронного навчання. Зокрема, подано покроковий план підготовки наноінженерів, який включає:

- залучення здобувачів освіти до дослідження властивостей наноструктур у Центрах колективного користування обладнанням з використанням онлайн-технологій;
- розробка пакетів завдань для обробки великих даних результатів досліджень та вимірювань зразків;
- застосування великого пакету програмних засобів для обробки та візуалізації даних;
- використання у навчальному процесі спеціалізованих баз даних;
- запровадження технологій асинхронного навчання;

- використання штучного інтелекту для інтерпретації даних;
- написання звіту виконання дослідницького проєкту у форматі наукової статті.

Можемо констатувати, що такий підхід до організації освітнього процесу є ефективним, адже здобувачі досягли всіх програмних результатів навчання та здобули фахові та загальні компетенції. Важливим результатом стало те, що здобувачі долучилися до написання наукових статей у якості співавторів у журналах, які індексуються наукометричною базою даних Scopus.

**Подяки.** Дослідження проведено завдяки підтримці Міністерства освіти на науки України, а саме реалізації держбюджетних наукових проєктів:

- № 0121U109426 «Теоретико-методичні засади системної фундаменталізації підготовки майбутніх фахівців у галузі наноматеріалознавства до продуктивної професійної діяльності»;

- № 0122U000129 «Пошук оптимальних умов синтезу наноструктур на поверхні напівпровідників A3B5, A2B6 і кремнію для фотоніки і сонячної енергетики»;

- № 0123U100110 «Система дистанційної та змішаної профілізованої підготовки майбутніх наноінженерів до розробки нових наноматеріалів подвійного призначення».

Ми дякуємо всім університетам та науковим установам України і світу, хто надав підтримку і допомогу нашому університету, що дозволило зберегти науковий потенціал та забезпечити продовження виконання наукових проєктів.

Ми також дякуємо Збройним Силам України за забезпечення безпеки для виконання цієї роботи. Ця робота стала можливою лише завдяки стійкості та мужності Української Армії

### **Список використаних джерел**

1. A.M. El-Khawaga, A. Zidan, and A.I. A.A. El-Mageed. Preparation methods of different nanomaterials for various potential applications: A Review. *J. Mol. Struct.*, p. 135148, Feb. 2023.

2. J. Light Feather and M.F. Aznar. Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources. CRC Press, 2018.

3. D.J. Lipomi, D.P. Fenning, S P. Ong, N.J. Shah, A.R. Tao and L. Zhang, Exploring Frontiers in Research and Teaching: NanoEngineering and Chemical Engineering at UC San Diego. *ACS Nano*, vol. 14, no. 8, pp. 9203-9216, 2020.

4. Y. Suohikova, S. Vambol, V. Vambol, N. Mozaffari, N. Mozaffari, Justification of the most rational method for the nanostructures synthesis on the semiconductors surface. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 92(1-2), 2019, pp. 19 - 28.

5. S.O. Vambol, I.T. Bohdanov, V.V. Vambol. Formation of filamentary structures of oxide on the surface of monocrystalline gallium arsenide. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, vol. 9(6), 2017, 06016.

6. A. Usseinov, Z. Koishybayeva, A. Platonenko. Ab-Initio Calculations of Oxygen Vacancy in Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Crystals. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, vol. 58(2), 2021, pp. 3 - 10.

7. Y. Suchikova. Provision of environmental safety through the use of porous semiconductors for solar energy sector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, 6(5), pp. 26 - 33.

8. Y. Suchikova, N. Tsybuliak, H. Lopatina, L. Shevchenko, and A. I. Popov. Science in times of crisis. How does the war affect the performance of Ukrainian scientists? *Problems and Perspectives in Management*, 2023, vol. 21, no. 1, pp. 408 – 424.

9. E. Abiltarova, L. Lisina, Y. Zhuravel, L. Neizhpapa, and Y. Mengyi. Interactive Student Learning Technologies in Higher Education. *J. Curriculum Teaching*, Dec. 2022, vol. 11, no. 9, p. 107.

10. K.V. Vlasenko, O.O. Chumak, I. V. Lovianova, V. V. Achkan, and I. V. Sitak. Personal e-Learning Environment of the Maths teacher' online course as a means of improving ICT competency of a Mathematics teacher. *J. Physics: Conf. Ser.*, vol. 2288, no. 1, p. 012038, Jun. 2022.

11. G. Baxter and T. Hainey. Remote learning in the context of COVID-19: reviewing the effectiveness of synchronous online delivery. *J. Res. Innovative Teaching & Learn.*, Mar. 2022.
12. N. Falko and O. Zhukov. Transition from Hierarchy to Adhocratic Organizational Culture in a Ukrainian University: From Survival to Successful Development in the Conditions of War. *Problems and Perspectives in Management*, 2023, vol. 21, no. 2-si, pp. 15 – 22.
13. Y. Moroz. Here in Ukraine, science continues under air raids. *Nature*. May 2022, vol. 605, no. 7911, p. 590.
14. O. Porkuian, O. Tselishchev, R. Halhash, Y. Ivchenko and O. Khandii. Twice Displaced, but Unconquered: The Experience of Reviving a Ukrainian University During the War. *Problems and Perspectives in Management*. 2023. vol. 21, no. 2-si, pp. 98 - 105,
15. Y. Suchikova. A year of war. *Science*, February 24, 2023. vol. 379, no. 6634, p. 850.
16. H. Lopatina, N. Tsybuliak, A. Popova, I. Bohdanov, and Y. Suchikova. University without Walls: Experience of Berdyansk State Pedagogical University during the war. *Problems and Perspectives in Management*, 2023, vol. 21. Special Issue.
17. Y. Suchikova, N. Tsybuliak, H. Lopatina, A. Popova, S. Kovachov, O. Hurenko and I. Bogdanov. Is Science Possible Under Occupation? Reflection and Coping Strategy. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 2023, vol. 7, no. 2.
18. Y. Suchikova and N. Tsybuliak. Universities without walls: global trend v. Ukraine's reality. *Nature*, February 14, 2023, vol. 614, p. 413.
19. Y. Polishchuk, I. Lyman and S. Chugaievska. The 'Ukrainian Science Diaspora' Initiative in the Wartime. *Problems and Perspectives in Management*, 2023, vol. 21, no. 2-si, pp. 153 – 161.

20. M. Maryl, O. V. Ivashchenko, M. Reinfelds, S. Reinsone, and M. E. Rose. Addressing the needs of Ukrainian scholars at risk. *Nature Human Behaviour*, May 2022.