

В.І. Бондаренко, М.В. Пшеничний, С.Д. Фатальчук

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до оцінки ефективності технологій отримання та модифікації матеріалів у контексті вимог матеріалознавства та цифровізації виробництва. Обґрунтовано доцільність інтеграції структурних, фізико-механічних, технологічних, ресурсних та екологічних критеріїв у межах єдиної системи показників, побудованої за логікою «процес – структура – властивості – результативність». Запропоновано прикладний підхід до формування інтегрального показника ефективності на основі нормування різнорідних критеріїв та їх зваженої згортки у єдиний безрозмірний індекс. Розглянуто можливість застосування підходу для порівняння альтернативних технологічних режимів та обґрунтування вибору оптимальних рішень з урахуванням якісних, ресурсних і екологічних параметрів.

Ключові слова: інтегральний показник ефективності, технології матеріалів, матеріалознавство, нормування критеріїв, структурно-фазовий стан, фізико-механічні властивості, ресурсна ефективність, екологічна оцінка, цифрові моделі, вибір технологічних режимів.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток матеріалознавства характеризується активним впровадженням адитивних технологій, наноструктурування, лазерної та плазмової обробки, комбінованих термомеханічних процесів. Розширення номенклатури функціональних і конструкційних матеріалів із заданими властивостями зумовлює необхідність удосконалення підходів до оцінки ефективності технологій їх отримання.

Традиційна оцінка ґрунтується на аналізі механічних характеристик, довговічності, енергоємності та собівартості. Проте за умов цифровізації виробництва та інтеграції інтелектуальних систем керування такі підходи є недостатніми, оскільки не враховують багаторівневу взаємодію між технологічними режимами та структурно-фазовим станом матеріалу.

Актуальною є проблема формування комплексної, мультикритеріальної системи оцінки ефективності, що поєднує структурно-чутливі параметри, експлуатаційні характеристики, ресурсозбереження, екологічні аспекти та можливість масштабування процесу. Недостатня розробленість інтегральних методик і обмеженість традиційних емпіричних моделей ускладнюють оптимізацію технологічних рішень.

Отже, виникає необхідність розроблення інноваційних підходів до оцінки ефективності технологій матеріалів на основі поєднання експериментальних методів, цифрового моделювання та інтелектуальної обробки даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному науковому дискурсі оцінка ефективності технологій матеріалів розглядається на перетині матеріалознавства, інженерної оптимізації, економічного аналізу та багатокритеріальних методів прийняття рішень. Ускладнення виробничих процесів і поширення адитивних технологій актуалізують потребу інтеграції технічних, ресурсних та екологічних критеріїв у межах єдиної аналітичної моделі.

У роботі О. Шарко, Д. Степанчикова, А. Шарко, А. Яненко та П. Мовчана [1] обґрунтовано доцільність застосування багатокритеріального аналізу для дослідження термодинамічних процесів, що підтверджує ефективність інтегральних підходів у складних технічних системах. Системний техніко-економічний аналіз адитивних, субтрактивних і гібридних технологій представлено I. Vrublevskiy, V. Stupnytskyu та X. She [2], які підкреслюють необхідність комплексної оцінки виробничих альтернатив.

Огляд MCDM-методів у промисловості здійснено Т. Avramova [3], де систематизовано можливості інтеграції якісних і кількісних критеріїв. Економічні аспекти адитивного виробництва узагальнено А. Rintala [4], який акцентує на поєднанні технічних і фінансових показників. Екологічну складову оцінювання розкрито у роботах М. Porowicz та співавт. [5] і S. Kokare, J. P. Oliveira та R. Godina [6], де проаналізовано LCA-підхід та вплив виробничих процесів у межах життєвого циклу.

Методика вибору матеріалів з урахуванням якості, екологічних і вартісних параметрів представлена А. Rasana та D. Siwies [7], що демонструє можливість інтеграції різномірних критеріїв у межах багатокритеріальної моделі. У систематичному огляді J. Kozłowska [8] узагальнено підходи до оцінки технологій з позицій управлінських і ресурсних факторів. Праця М. Junaid та співавт. [9] підтверджує ефективність MCDM-підходів у виборі матеріалів для адитивного виробництва з урахуванням міцності, вартості та надійності.

Таким чином, наявні дослідження охоплюють технічні, економічні, екологічні та багатокритеріальні аспекти оцінювання технологій. Водночас більшість робіт зосереджена на окремих складових, тоді як інтегрована матеріалознавча модель, що поєднує технологічні режими, структурні параметри та експлуатаційні властивості у межах єдиного критеріального інструментарію, потребує подальшого узагальнення.

Метою статті є розроблення прикладного підходу до оцінки ефективності технологій матеріалів, який забезпечує обґрунтований вибір технологічних режимів та підвищення результативності виробництва на основі систематизації показників якості, ресурсної та економічної доцільності.

Виклад основного матеріалу. Оцінка ефективності технологій отримання та модифікації матеріалів є ключовим етапом обґрунтування їх доцільності у виробничих умовах. Вибір технологічного процесу визначається не лише досягнутим рівнем фізико-механічних та експлуатаційних властивостей матеріалу, але й стабільністю структу-

рно-фазового стану, ресурсною доцільністю, енергоємністю та можливістю масштабування. У сучасних умовах інтенсифікації виробництва та впровадження цифрових рішень постає необхідність системного підходу до оцінювання результативності технологічних процесів, що зумовлює звернення до аналізу наявних методичних підходів і критеріїв оцінки їх ефективності.

З огляду на багатофакторний характер формування властивостей матеріалів та різнорівневу природу показників ефективності, оцінювання технологій не може обмежуватися використанням окремих ізольованих критеріїв. У практиці матеріалознавчих досліджень сформувалися різні підходи до аналізу результативності технологічних процесів, які акцентують увагу на окремих аспектах - режимах оброблення, структурно-фазових змінах, функціональних характеристиках, ресурсній або екологічній доцільності. Водночас їх фрагментарне застосування ускладнює формування цілісного уявлення про реальну ефективність технології. У зв'язку з цим доцільним є систематизований розгляд сучасних підходів до оцінки ефективності технологій матеріалів, що дозволяє визначити їхні можливості, обмеження та напрями подальшої інтеграції, як узагальнено у таблиці 1.

Таблиця 1

Систематизація сучасних підходів до комплексної оцінки ефективності технологій матеріалів

Група підходів	Основні критерії оцінювання	Переваги	Обмеження	Доцільність застосування
Процесно-технологічні	Температурно-силові режими; швидкість охолодження; енергетична інтенсивність; стабільність параметрів; повторюваність процесу	Дозволяють керувати формуванням структури; забезпечують відтвореність результатів	Не дають повної інформації про внутрішню структурну організацію матеріалу	Оптимізація режимів синтезу, оброблення, адитивного формування
Структурно-фазові (мікро- та мезорівень)	Фазовий склад; розмір зерна; пористість; дефектність; текстура; залишкові напруження	Безпосередньо відображають механізми формування властивостей; забезпечують наукове обґрунтування вибору технології	Потребують складної аналітичної бази; інтеграція з економічними критеріями ускладнена	Розроблення нових матеріалів; порівняння технологічних маршрутів; верифікація інноваційних рішень
Функціонально-експлуатаційні	Міцність; твердість; зносостійкість; тріщиностійкість; корозійна стійкість; довговічність	Орієнтація на кінцевий результат застосування; забезпечують відповідність технічним вимогам	Не розкривають механізмів формування властивостей; можуть маскувати структурні дефекти	Сертифікація матеріалів; вибір матеріалу для конкретних умов експлуатації

Ресурсно-енергетичні та економічні	Матеріалосмність; питомі енерговитрати; коефіцієнт використання матеріалу; виробнича собівартість	Дають оцінку технологічної доцільності та конкурентоспроможності	Не враховують структурну якість та довговічність матеріалу	Порівняння альтернативних технологій; впровадження у виробництво
Життєвий цикл та екологічна ефективність (LCA-підхід)	Вуглецевий слід; сукупне енергоспоживання; екотоксичність; вплив на довкілля протягом життєвого циклу	Комплексне охоплення всіх стадій існування матеріалу; підтримка принципів сталого розвитку	Висока трудомісткість збору даних; невизначеність інвентаризаційної інформації	Оцінка сталості інноваційних технологій; екологічне обґрунтування впровадження
Інтегровані цифрово-аналітичні (моделювання та MCDM)	Комплексні індекси ефективності; прогнозування властивостей; вагові коефіцієнти критеріїв; цифрові моделі «процес–структура–властивості»	Забезпечують системний підхід; дозволяють ранжувати альтернативи; підтримують прийняття обґрунтованих рішень	Потребують коректної методики нормування та визначення ваг; залежать від достовірності вихідних даних	Розроблення інтегрального показника ефективності; стратегічний вибір інноваційної технології

Джерело: узагальнено та систематизовано автором на основі [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Аналіз представлених підходів свідчить, що сучасна оцінка ефективності технологій матеріалів має ґрунтуватися не на ізольованому порівнянні окремих показників, а на інтеграції різнорівневих критеріїв у межах єдиної концептуальної моделі. З позицій матеріалознавства визначальним є врахування причинно-наслідкових зв'язків між технологічними режимами, еволюцією структури та формуванням експлуатаційних властивостей, що у поєднанні з ресурсними та екологічними параметрами формує реальну результативність процесу. Інноваційність сучасних підходів полягає у переході від постфактум оцінювання до прогнозно-аналітичних моделей, які дозволяють ще на етапі проектування технології передбачити її структурну стабільність, функціональну надійність та економічну доцільність. Такий системний підхід створює передумови для розроблення інтегрального критеріального інструментарію, здатного забезпечити обґрунтований вибір технологічних рішень в умовах цифровізації виробництва та зростання вимог до сталого розвитку.

Сучасні дослідження у сфері матеріалознавства акцентують на необхідності комплексного врахування якісних, екологічних та економічних аспектів при оцінці матеріалів і технологій їх формування [7; 8; 9]. З огляду на це систему показників доцільно структурувати за логікою «процес – структура – властивості – результативність». До структурних критеріїв належать показники фазового складу, мікроструктури та дефектності; фізико-механічні критерії відображають рівень міцності, зносостійкості й дов-

говічності; технологічні характеризують стабільність режимів і керованість процесу; ресурсні – матеріало- та енергоємність і економічну доцільність; екологічні – вплив на довкілля в межах життєвого циклу. Такий поділ забезпечує узгодженість між внутрішніми характеристиками матеріалу та вимогами сталого виробництва, створюючи основу для подальшого інтегрування показників у єдиний індекс ефективності.

З метою забезпечення коректності подальшої інтеграції показників доцільним є обґрунтування принципів їх відбору та узгодження. Включення критеріїв до системи оцінювання має здійснюватися з урахуванням їхньої інформативності, чутливості до зміни технологічних параметрів та взаємозв'язку із кінцевими експлуатаційними властивостями матеріалу. При цьому важливо уникнути дублювання показників, що відображають тотожні структурні або функціональні характеристики.

Оскільки різні групи критеріїв мають неоднорідну розмірність та різний масштаб варіації, виникає необхідність їх нормування та приведення до безрозмірного вигляду. Це забезпечує можливість подальшого інтегрування показників у межах єдиного оціночного індексу та мінімізує вплив різниці одиниць вимірювання на підсумковий результат. У цьому контексті доцільним є застосування процедур лінійного нормування або відносного масштабування з урахуванням граничних та цільових значень показників.

Запропонована система критеріїв створює передумови для формування інтегрального показника ефективності технології, який дозволяє здійснювати кількісне порівняння альтернативних технологічних рішень. Алгоритм оцінювання базується на поетапній процедурі нормування показників, визначенні їх вагомості та розрахунку узагальненого індексу ефективності.

Подальше агрегування нормованих показників доцільно здійснювати на основі інтегрального індексу ефективності, який забезпечує узгоджене врахування різнорідних критеріїв у межах єдиної кількісної шкали. З огляду на прикладний характер дослідження та необхідність забезпечення прозорості розрахунків, інтегральний показник доцільно визначати методом зваженої згортки нормованих критеріїв.

Інтегральний показник ефективності технології $I_{\{e\phi\}}$ визначається як зважена сума нормованих значень критеріїв:

$$I_{\{e\phi\}} = \sum_{j=1}^m w_j x_j$$

де x_j - безрозмірне нормоване значення j -го критерію ($0 \leq x_j \leq 1$); w_j - ваговий коефіцієнт критерію; m — загальна кількість критеріїв; $\sum w_j = 1$.

Нормування показників здійснюється залежно від характеру їх впливу на результативність технології. Для критеріїв, зростання яких підвищує ефективність (міцність, твердість, зносостійкість), використовується відносне масштабування за принципом «більше - краще». Для показників витратного характеру (енергоємність, собівартість, вуглецевий слід) застосовується зворотнє нормування за принципом «менше - краще». Такий підхід забезпечує приведення всіх критеріїв до єдиної безрозмірної шкали та дозволяє коректно їх агрегувати.

З метою збереження матеріалознавчої логіки доцільним є групування критеріїв за п'ятьма блоками: структурні, фізико-механічні, технологічні, ресурсні та екологічні. На першому етапі визначаються часткові індекси для кожної групи, після чого здійснюється їх інтегрування у загальний показник ефективності. Вагові коефіцієнти можуть встановлюватися рівномірно або з урахуванням пріоритетності структурно-фазових та функціональних характеристик, що відповідає концепції «процес - структура - властивості - результативність».

Запропонований підхід дозволяє забезпечити кількісне порівняння альтернативних технологічних рішень без ускладнення математичного апарату та зберегти прикладну спрямованість оцінювання.

З метою демонстрації працездатності запропонованого методичного підходу розглянемо умовну ситуацію вибору між двома альтернативними технологічними режимами оброблення металевого матеріалу: режимом А та режимом Б.

Обидві технології забезпечують формування необхідних механічних характеристик, проте відрізняються за рівнем енергоємності, стабільності структурних параметрів та екологічного впливу.

Для оцінювання були використані такі групи критеріїв:

- структурні (розмір зерна, однорідність мікроструктури);
- фізико-механічні (міцність, твердість);
- технологічні (стабільність температурного режиму);
- ресурсні (питомі енерговитрати);
- екологічні (вуглецевий слід процесу).

Після нормування показників за принципами «більше - краще» та «менше - краще» було розраховано інтегральний показник ефективності для кожного режиму.

Отримані результати показали, що за умови однакової міцності режим Б демонструє вищий інтегральний показник за рахунок зниження енергоємності та кращих екологічних параметрів. Це підтверджує доцільність застосування інтегрального індексу для виявлення прихованих переваг технологічних альтернатив.

Запропонований методичний підхід до інтегральної оцінки ефективності технологій матеріалів може бути використаний у виробничому середовищі як інструмент підтримки прийняття інженерних і управлінських рішень. Його застосування доцільне на етапах вибору технологічного маршруту, модернізації виробничих процесів, порівняння альтернативних режимів оброблення та обґрунтування інвестицій у нове обладнання.

Практична реалізація підходу не потребує складного математичного апарату та може здійснюватися на основі наявних виробничих даних. Нормування показників і розрахунок інтегрального індексу можуть виконуватися засобами табличних процесорів або інтегруватися в системи автоматизованого керування виробництвом (MES, ERP). Це створює передумови для цифровізації процедури оцінювання та формування бази даних для подальшого аналізу ефективності технологічних рішень.

Застосування інтегрального показника дозволяє підвищити обґрунтованість вибору технології за рахунок одночасного врахування структурних, функціональних, ресурсних та екологічних параметрів. Очікуваний економічний ефект може проявлятися у зниженні енерговитрат, оптимізації матеріалоемності, скороченні браку та підвищенні конкурентоспроможності продукції. Технологічний ефект полягає у підвищенні стабільності структурно-фазового стану матеріалу та покращенні довговічності виробів.

Таким чином, запропонований підхід може бути рекомендований як універсальний інструмент комплексної оцінки ефективності технологій матеріалів у контексті сучасних вимог цифровізації та сталого розвитку виробництва.

Висновки. Узагальнення сучасних підходів до оцінки ефективності технологій матеріалів свідчить про необхідність переходу від ізольованого аналізу окремих показників до комплексного врахування структурних, функціональних, ресурсних та екологічних критеріїв. Системне поєднання цих параметрів у межах єдиної концептуальної моделі дозволяє забезпечити узгодженість між технологічними режимами, еволюцією структури та формуванням експлуатаційних властивостей матеріалу.

Структурування показників за логікою «процес – структура – властивості - результативність» створює основу для кількісного порівняння альтернативних технологічних рішень та збереження матеріалознавчої причинно-наслідкової моделі формування властивостей.

Інтегральний підхід до оцінювання забезпечує приведення різномірних критеріїв до єдиної безрозмірної шкали, що підвищує прозорість прийняття інженерних рішень і дозволяє враховувати не лише рівень фізико-механічних характеристик, а й ресурсну та екологічну доцільність технології.

Комплексна оцінка ефективності технологій матеріалів у поєднанні з можливостями цифрової обробки даних створює передумови для підвищення стабільності технологічних процесів, оптимізації енерговитрат і зміцнення конкурентоспроможності продукції в умовах сучасного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шарко О., Степанчиков Д., Шарко А., Яненко А., Мовчан П. Застосування багатокритеріального аналізу при дослідженні термодинамічних процесів у судноремонті та транспортній інфраструктурі. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2024. № 1 (28). С. 117–132. DOI: 10.33815/2313-4763.2024.1.28.117-132.
2. Vrublevskiy I., Stupnytskyu V., She X. Technical and economic analysis of the alternative application of additive, subtractive, and hybrid technologies for the manufacture of complex-profile mechanical engineering products: systematic review. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. 2025. Vol. 11. №. 4. P. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.23939/ujmems2025.04.083>.
3. Avramova T. Overview of Existing Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods Used in Industrial Environments. *Technologies*. 2025. Vol. 13. P. 1–36. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies13040444>.

4. Rintala A. Estimating the economic feasibility of additive manufacturing: a systematic literature review. *Rapid Prototyping Journal*. 2025. Vol. 31. №. 11. P. 301–319. DOI: 10.1108/RPJ-08-2024-0340.
5. Popowicz M., Katzer N. J., Kettele M., Schöggel J.-P., Baumgartner R. J. Digital technologies for life cycle assessment: a review and integrated combination framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2025. Vol. 30. P. 405–428. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02409-4>.
6. Kokare S., Oliveira J. P., Godina R. Life cycle assessment of additive manufacturing processes: a review. *Journal of Manufacturing Systems*. 2023. Vol. 68. P. 536–559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.05.007>.
7. Pacana A., Siwiec D. Method of Material Selection Considering Quality, Environmental, and Cost Aspects. *Materials*. 2025. Vol. 18. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma18184324>.
8. Kozłowska J. Methods of multi-criteria analysis in technology selection and technology assessment: a systematic literature review. *Engineering Management in Production and Services*. 2022. Vol. 14. №. 2. P. 116–137. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2022-0021>.
9. Junaid M., Khaleeq uz Zaman U., Naseem A., Ahmad Y., Bin Aqeel A. Material selection in additive manufacturing for aerospace applications using multi-criteria decision making. *MATEC Web of Conferences*. 2024. Vol. 398. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439801012>.

REFERENCES

1. Sharko, O., Stepanchykov, D., Sharko, A., Yanenko, A., & Movchan, P. (2024). Zastosuvannya bahatokryterialnoho analizu pry doslidzhenni termodynamichnykh protsesiv u sudnoremonti ta transportnii infrastrukturi [Application of multi-criteria analysis in the study of thermodynamic processes in ship repair and transport infrastructure]. *Naukovyi visnyk Khergonskoi derzhavnoi morskoi akademii* [Scientific Bulletin of Kherson State Maritime Academy], № 1 (28), pp. 117–132. DOI: <https://doi.org/10.33815/2313-4763.2024.1.28.117-132> [in Ukrainian].
2. Vrublevskyy, I., Stupnytskyy, V., & She, X. (2025). Technical and economic analysis of the alternative application of additive, subtractive, and hybrid technologies for the manufacture of complex-profile mechanical engineering products: Systematic review. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, Vol. 11, № 4, pp. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.23939/ujmeme2025.04.083>.
3. Avramova, T. (2025). Overview of existing multi-criteria decision-making (MCDM) methods used in industrial environments. *Technologies*, Vol. 13, pp. 1–36. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies13040444>.
4. Rintala, A. (2025). Estimating the economic feasibility of additive manufacturing: A systematic literature review. *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 31, № 11, pp. 301–319. DOI: <https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2024-0340>.

5. Popowicz, M., Katzer, N. J., Kettele, M., Schöggel, J.-P., & Baumgartner, R. J. (2025). Digital technologies for life cycle assessment: A review and integrated combination framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 30, pp. 405–428. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02409-4>.
6. Kokare, S., Oliveira, J. P., & Godina, R. (2023). Life cycle assessment of additive manufacturing processes: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 68, pp. 536–559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.05.007>.
7. Pacana, A., & Siwec, D. (2025). Method of material selection considering quality, environmental, and cost aspects. *Materials*, Vol. 18, pp. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma18184324>.
8. Kozłowska, J. (2022). Methods of multi-criteria analysis in technology selection and technology assessment: A systematic literature review. *Engineering Management in Production and Services*, Vol. 14, № 2, pp. 116–137. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2022-0021>.
9. Junaid, M., Khaleeq uz Zaman, U., Naseem, A., Ahmad, Y., & Bin Aqeel, A. (2024). Material selection in additive manufacturing for aerospace applications using multi-criteria decision making. *MATEC Web of Conferences*, Vol. 398, pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439801012>.

Received 09.02.2026
Accepted 13.02.2026
Published 31.03.2026

Innovative approaches to assessing the efficiency of material technologies

The article addresses the problem of comprehensive efficiency assessment of material production and modification technologies in modern manufacturing conditions. The increasing complexity of technological processes, the expansion of additive and hybrid manufacturing, and the growing requirements for sustainable development necessitate the integration of technical, economic, resource, and environmental criteria within a unified analytical framework. The purpose of the study is to develop an applied approach to evaluating the efficiency of material technologies that ensures a well-grounded selection of technological regimes and improves production performance through the systematization and integration of heterogeneous indicators.

The paper systematizes contemporary methodological approaches to technology assessment, including process-oriented, structural-phase, functional-operational, resource-economic, life cycle (LCA), and multi-criteria decision-making (MCDM) methods. Based on the concept “process – structure – properties – performance,” a structured system of criteria is proposed, grouped into structural, physical-mechanical, technological, resource, and environmental blocks. To enable quantitative comparison of alternative technological solutions, the study introduces an integral efficiency index calculated as a weighted sum of normalized criteria.

The applicability of the proposed approach is demonstrated through a comparative evaluation of alternative processing regimes, illustrating how the integral index reveals hidden advantages associated with reduced energy consumption and improved environmental performance. The developed methodological framework can be implemented in industrial practice as a decision-support tool and integrated into digital production management sys-

tems. The approach contributes to enhancing the transparency, consistency, and economic justification of technological choice in the context of digitalization and sustainable manufacturing.

Keywords: integral efficiency index, material technologies, materials science, criteria normalization, structural-phase state, physical and mechanical properties, resource efficiency, environmental assessment, digital models, selection of technological regimes.

Бондаренко Володимир Іванович - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти, Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0495-9756>

Пшеничний Максим Володимирович - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти, Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6019-5116>

Фатальчук Сергій Дмитрович - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогіки вищої школи, Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9815-8801>

Bondarenko Volodymyr Ivanovych - Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department Theory and Practice of Technological and Vocational Education, State Higher Educational Institution «Donbass State Pedagogical University».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0495-9756>

Pshenychnyi Maksym Volodymyrovych - Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Theory and Practice of Technological and Professional Education, State Higher Educational Institution «Donbass State Pedagogical University».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6019-5116>

Fatalchuk Serhii Dmytrovich - Ph.D. in Pedagogy, Associate Professor of the Department of Higher Education Pedagogy, State Higher Educational Institution «Donbass State Pedagogical University».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9815-8801>