

них дисциплін у підготовці майбутнього вчителя математики.

АТАМАСЬ Володимир – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математики та методики навчання математики, Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Наукові інтереси: від абстрагування до моделювання: методологічний потенціал математичних навчальних дисциплін у підготовці майбутнього вчителя математики.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

AKULENKO Iryna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of

Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy.

Scientific interests: from abstraction to modeling: the methodological potential of the educational discipline "linear algebra" in the training of future mathematics teachers.

ATAMAS Volodymyr – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy.

Scientific interests: from abstraction to modeling: the methodological potential of the educational discipline "linear algebra" in the training of future mathematics teachers.

Стаття надійшла до редакції 06.10.2025 р.

Стаття прийнята до друку 22.10.2025 р.

УДК 378.147:629.113:004.8

DOI: 10.36550/2415-7988-2025-1-221-18-25

БОНДАРЕНКО Володимир –

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0495-9756>
e-mail: nv1287@ukr.net

ПОГОРСЛОВ Михайло –

доктор філософії, доцент кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4706-3263>
e-mail: texfak@gmail.com

ПШЕНИЧНИЙ Максим –

кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6019-5116>
e-mail: m.psheni4nyi@gmail.com

СОЗОНЮК Ольга –

доктор філософії, старший викладач кафедри технологічної та професійної освіти Криворізький державний педагогічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8482-5071>
email olhahrushnik25@gmail.com

СМАРТ-ДІАГНОСТИКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВИКЛАДАЧІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Стаття присвячена обґрунтуванню використання смарт-діагностики електронних систем автомобіля як інструменту підвищення ефективності підготовки майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі та формування їхніх цифрових і фахових компетентностей. Актуальність дослідження зумовлена інтенсивною цифровізацією автомобільної промисловості, де понад 70% несправностей сучасних транспортних засобів пов'язані з електронними системами, що потребує нових підходів до професійної підготовки педагогічних кадрів.

У роботі проаналізовано технічну складову смарт-діагностики, зокрема функціонування електронних блоків управління як центральних елементів цифрової архітектури автомобіля. Детально розглянуто структуру та принцип роботи ЕБУ, що включає мікропроцесори, системи пам'яті, аналого-цифрові перетворювачі та комунікаційні інтерфейси. Показано, що ЕБУ забезпечують збір даних від численних сенсорів, їх аналіз у реальному часі та створення технічної основи для прогнозування несправностей і дистанційного моніторингу транспортних засобів.

Аналіз потреб транспортної галузі виявив, що понад 60% вакансій у сервісних центрах вимагають компетентностей у сфері цифрової діагностики, телематики та роботи з комплексними електронними системами. Обґрунтовано розрив між швидкістю технологічного оновлення автомобільної промисловості та методичною базою освітніх програм підготовки викладачів професійної освіти.

Запропоновано педагогічну модель інтеграції смарт-діагностики, що охоплює чотири взаємопов'язані блоки: теоретико-методологічний, техніко-технологічний, дидактичний та оціночно-рефлексивний. Модель базується на принципах практико-орієнтованого навчання та поєднує інженерно-технологічні знання з педагогічними технологіями. Особливу увагу приділено інноваційним методам навчання, зокрема кейс-технологіям, використанню симуляторів і віртуальних лабораторій, цифровим діагностичним платформам.

Наведено конкретні навчальні сценарії роботи з ЕБУ, що включають виявлення несправностей системи упорскування палива, порівняльний аналіз сигналів датчиків та оптимізацію енергоефективності транспортних засобів. Попередня апробація методики продемонструвала підвищення практичної готовності студентів до роботи з діагностичним обладнанням, формування цифрової грамотності та зростання мотивації до навчання через інтерактивні завдання.

Результати дослідження доводять, що впровадження смарт-діагностики є стратегічною необхідністю для забезпечення відповідності освітніх програм вимогам цифрової трансформації та системного вдосконалення професійної підготовки викладачів транспортної галузі.

Ключові слова: смарт-діагностика, електронні блоки управління, цифрові компетентності, професійна освіта, транспортна галузь, педагогічна модель, кейс-технології, віртуальні лабораторії.

BONDARENKO Volodymyr –

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Theory and Practice of Technological and Vocational Education SHEI «Donbass State Pedagogical University»

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

e-mail: nv1287@ukr.net

POHORIELOV Mykhailo –

PhD, Associate Professor of the Department of Theory and Practice of Technological and Professional Education SHEI “Donbas State Pedagogical University”

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4706-3263>

e-mail: texfak@gmail.com

PSHENYCHNYI Maksym –

Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Department of Theory and Practice of Technological and Professional Education SHEI “Donbas State Pedagogical University”

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

e-mail: texfak@gmail.com

SOZONIUK Olha –

PhD, Senior Lecturer, Department of Technological and Professional Education Kryvyi Rih State Pedagogical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8482-5071>

e-mail: olhahrushnik25@gmail.com

SMART DIAGNOSTICS AS A TOOL FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF AUTOMOTIVE ELECTRONIC SYSTEMS IN THE TRAINING PROCESS OF FUTURE VOCATIONAL EDUCATION TEACHERS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

The article substantiates the use of smart diagnostics of automotive electronic systems as a tool for enhancing the efficiency of training future teachers of vocational education in the transport industry and developing their digital and professional competencies. The relevance of the study is determined by the intensive digitalization of the automotive industry, where over 70% of malfunctions in modern vehicles are related to electronic systems, necessitating new approaches to the professional training of pedagogical personnel.

The paper analyzes the technical component of smart diagnostics, particularly the functioning of electronic control units as central elements of automotive digital architecture. The structure and operating principles of ECUs are examined in detail, including microprocessors, memory systems, analog-to-digital converters, and communication interfaces. It is demonstrated that ECUs provide data collection from numerous sensors, real-time analysis, and create a technical foundation for predicting malfunctions and remote monitoring of vehicles.

Analysis of the transport industry's needs revealed that over 60% of vacancies in service centers require competencies in digital diagnostics, telematics, and working with complex electronic systems. The gap between the pace of technological innovation in the automotive industry and the methodological framework of educational programs for vocational education teacher training is substantiated.

A pedagogical model for integrating smart diagnostics is proposed, encompassing four interconnected blocks: theoretical-methodological, technical-technological, didactic, and evaluative-reflective. The model is based on the principles of practice-oriented learning and combines engineering-technological knowledge with pedagogical technologies. Particular attention is given to innovative teaching methods, including case technologies, the use of simulators and virtual laboratories, and digital diagnostic platforms.

Specific educational scenarios for working with ECUs are presented, including fault detection in fuel injection systems, comparative analysis of sensor signals, and optimization of vehicle energy efficiency. Preliminary piloting of the methodology demonstrated an increase in students' practical readiness to work with diagnostic equipment, development of digital literacy, and enhanced learning motivation through interactive tasks.

The research findings prove that the implementation of smart diagnostics is a strategic necessity for ensuring educational programs correspond to the requirements of digital transformation and systematic improvement of vocational education teacher training in the transport industry.

Key words: smart diagnostics, electronic control units, digital competencies, vocational education, transport industry, pedagogical model, case technologies, virtual laboratories.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Сучасний розвиток транспортної галузі характеризується інтенсивною цифровізацією, що змінює вимоги до професійної підготовки фахівців. Автомобілі нового покоління стали складними кіберфізичними системами з десятками електрон-

них блоків управління, які контролюють усі аспекти роботи транспортного засобу. Дослідження показують, що віддалена діагностика з використанням IoT-датчиків і телематики дозволяє виявляти несправності ще до їхнього прояву.

Ця технологічна революція потребує нових підходів до підготовки викладачів професійної освіти, які мають не лише володіти цифровими знаннями, а й ефективно передавати їх майбутнім фахівцям. Водночас існує розрив між темпами технологічного оновлення автомобільної промисловості та методичною базою освітніх програм, адже понад 70 % несправностей сучасних автомобілів пов'язані з електронними системами.

Смарт-діагностика, що поєднує цифрові інструменти, аналітичні платформи зі штучним інтелектом та віддалений моніторинг у реальному часі, постає ключовим інструментом подолання цього розриву. Опанування викладачами її інструментарію забезпечує формування цифрових умінь, методичну демонстрацію реальних діагностичних сценаріїв та кейсів, а практичне застосування скорочує час діагностики і підвищує точність виявлення несправностей.

Проблемне поле визначають суперечності між високою технологічністю автомобілів і обмеженим доступом викладачів до обладнання, між швидкістю оновлення технологій та інертністю освітніх програм, між потребами галузі у фахівцях із цифровими компетентностями і традиційними методами підготовки кадрів.

Отже, інтеграція смарт-діагностики у підготовку майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі є стратегічною необхідністю, що забезпечує відповідність освітніх програм вимогам цифрової трансформації й сприяє системному вдосконаленню професійної підготовки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Технічна складова смарт-діагностики автомобільних електронних систем активно розробляється як українськими, так і міжнародними дослідниками. Зокрема, А. Гнатов досліджує використання технології OBD-II для діагностики електричних транспортних засобів, акцентуючи на ефективності аналізу даних у реальному часі [9]. У роботах О. Рибіцького розглядається інтеграція технології OBD-II з бортовими системами автомобіля, створення єдиної системи для моніторингу та діагностики [17].

Міжнародні дослідження, такі як робота А. Мошинської, пропонують модель дистанційної діагностики несправностей транспортних засобів за допомогою мікрокомп'ютера Raspberry Pi та модуля GSM SIM7600G-H, що забезпечує моніторинг роботи автомобіля в режимі реального часу [3].

Педагогічна складова питання представлена працями, присвяченими цифровізації професійної освіти та підготовці викладачів. О. Кучерявий обґрунтовує структуру професійно-цифрової компетентності викладача педагогічного університету, підкреслюючи значення інтеграції цифрових технологій в освітній процес [14]. В. Ковальчук розробив модель цифровізації професійної підготовки майбутніх викладачів, адаптовану до вимог Індустрії 4.0 [12; 13]. У роботах Н. Тихонової [19] досліджується підготовка викладачів професійної освіти в контексті післявоєнного відновлення України, а В. Радкевич аналізує системні аспекти

модернізації професійно-технічної освіти [16]. Для транспортної галузі специфічні аспекти підготовки педагогів розкрито у роботах М. Погорелова, який дослідив можливості електронних освітніх ресурсів у формуванні компетентностей викладачів технічних спеціальностей [15].

Попри наявність значної кількості праць, більшість досліджень розглядають технічні або педагогічні аспекти окремо, не поєднуючи їх у контексті професійної підготовки викладачів транспортної галузі. Водночас тема інтеграції технологій смарт-діагностики електронних систем автомобіля в систему підготовки майбутніх викладачів професійної освіти залишається недостатньо опрацьованою.

Мета статті – обґрунтувати використання смарт-діагностики як інструменту підвищення ефективності електронних систем автомобіля у процесі підготовки майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі та формуванні їх цифрових і фахових компетентностей.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Сучасна автомобільна промисловість переживає етап глибокої цифрової трансформації, що проявляється у широкому впровадженні електронних систем управління транспортними засобами. Автомобілі нового покоління оснащуються численними електронними блоками управління (далі – ЕБУ), які контролюють роботу двигуна, трансмісії, гальмівної та стабілізаційної систем, систем безпеки, інформаційно-розважальних комплексів і телематики (рис. 1). Ці кіберфізичні системи інтегрують дані від численних датчиків, аналізують їх у реальному часі та забезпечують ефективну роботу всіх компонентів автомобіля, що значно підвищує його надійність, безпеку й продуктивність [5]. Системи ЕБУ дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг, передбачати потенційні несправності та оптимізувати роботу транспортного засобу, що є ключовим елементом сучасної цифрової трансформації автомобільної галузі.

ЕБУ є «серцем» електронної архітектури автомобіля, через яке здійснюється збір, аналіз і передача даних від десятків датчиків, що відображають реальний стан двигуна, навантаження, температуру, склад паливної суміші та інші параметри. Цей блок не лише забезпечує оптимізацію процесів згоряння та зниження шкідливих викидів, а й створює можливості для смарт-діагностики – інтелектуального аналізу технічного стану транспортного засобу на основі алгоритмів обробки даних [5]. На думку українських дослідників, розвиток систем ЕБУ став визначальним етапом у переході від механічних до кіберфізичних технологій управління автомобілем [11]. Таким чином, дослідження саме цієї системи дозволяє поєднати технічну та педагогічну складові: з одного боку – проаналізувати функціональні можливості ЕБУ як центрального елемента автомобільної цифрової інфраструктури, а з іншого – визначити ефективні способи формування у здобувачів освіти компетентностей із смарт-діагностики електронних систем транспортних засобів.

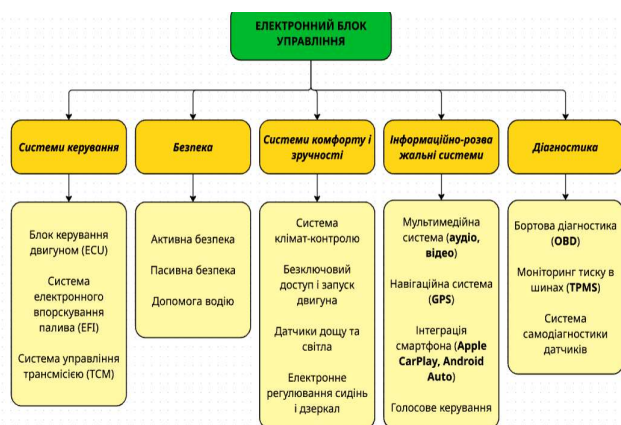


Рис. 1 Основні електронні системи сучасного автомобіля

ЕБУ – це вбудований електронний модуль, який відповідає за контроль однієї або кількох підсистем автомобіля. У сучасних транспортних засобах може бути встановлено декілька таких модулів, кожен із яких керує окремими функціями, такими як двигун, трансмісія, системи безпеки, кузовні системи та інформаційно-розважальні комплекси [11].

Типова структура ЕБУ включає мікропроцесор або мікроконтролер (MCU), який виконує програму управління, оперативну та постійну пам'ять (RAM та ROM/Flash) для зберігання даних і програм, перетворювач аналог-цифра (ADC) для обробки сигналів із сенсорів, комунікаційні інтерфейси (CAN, LIN, FlexRay) для обміну даними з іншими модулями, а також блоки живлення та керування виконавчими елементами, такими як форсунки, клапани та електромотори [11] (рис.2.)

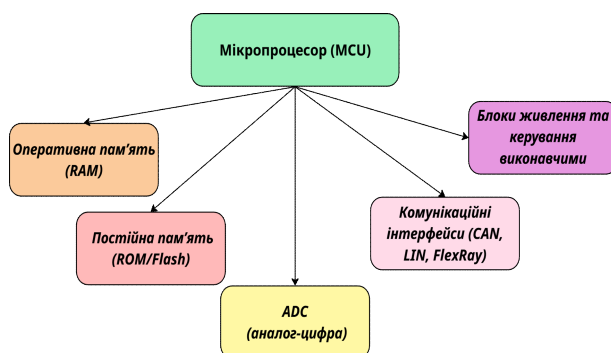


Рис. 2 Типова структура електронного блоку управління

Принцип роботи ЕБУ полягає у зборі сигналів від численних сенсорів, які вимірюють температуру, тиск, положення дросельної заслінки, колінвала, витрату повітря та інші параметри. MCU аналізує ці дані у реальному часі та заздалегідь заданими алгоритмами керує роботою актуаторів, таких як паливні форсунки, запалювання, клапани та дросель. Це забезпечує оптимальну роботу двигуна, економію палива, зниження шкідливих викидів та підвищення надійності транспортного засобу [1; 2].

Серед основних функцій ЕБУ можна виділити керування впорскуванням палива та запалюванням, регулювання холостого ходу, адаптацію до умов навантаження, контроль викидів, зв'язок із мережею автомобіля та взаємодію з іншими ЕБУ через шини даних, а також діагностичні функції – фіксацію кодів помилок, тестування стану підсистем і прогнозування несправностей.

Оскільки ЕБУ постійно збирає та обробляє великі масиви даних від сенсорів і актуаторів, вона створює технічну основу для смарт-діагностики. Завдяки цьому можливо прогнозувати несправності, аналізувати роботу систем у реальному часі, здійснювати дистанційний моніторинг та адаптивне керування. Сучасні ЕБУ здатні самостійно виявляти відхилення від нормальних параметрів, зберігати діагностичні коди та передавати їх зовнішнім засобам або сервісам. Використання методів аналізу великих даних (Big Data) та машинного навчання дає змогу виявляти відхилення від нормальних параметрів роботи двигуна, корелювати їх із минулим досвідом та формувати прогностичні моделі [4]. Завдяки цьому технічні фахівці та сервісні центри можуть здійснювати превентивне обслуговування, знижувати ризик аварій і продовжувати ресурс автомобіля.

У практичному аспекті алгоритми смарт-діагностики дозволяють автоматично аналізувати сигнали від датчиків, порівнювати їх із номінальними характеристиками та формувати коди несправностей (DTC), які потім можуть бути відображені у вигляді графіків, таблиць або інтегровані у цифрову платформу для дистанційного моніторингу. Таким чином, ЕБУ стає не лише системою управління, а й центральним інструментом збору, аналізу та прогнозування даних для смарт-діагностики.

Для реалізації смарт-діагностики двигуна використовуються спеціалізовані програмні платформи та сенсорні комплекси. До основних сенсорів належать датчики температури, тиску, витрати повітря, положення колінвала та дросельної заслінки, а також лямбда-зонд, який контролює склад паливної суміші. Дані від цих сенсорів надходять у ЕБУ, де обробляються алгоритмами для оптимізації роботи двигуна та діагностики потенційних несправностей [1; 2].

Програмне забезпечення включає діагностичні утиліти, які дозволяють виконувати тестування систем у режимі реального часу, формувати звіти про стан двигуна та передбачати необхідність технічного обслуговування. Наприклад, платформи на базі Python або MATLAB використовуються для моделювання роботи двигуна, симуляційних тестів та аналізу великих масивів даних із сенсорів. Такі інструменти створюють можливості для інтеграції смарт-діагностики у навчальний процес професійної підготовки майбутніх викладачів.

Технічну ефективність смарт-діагностики в ЕБУ двигуна підтверджують дослідження зарубіжних авторів, які аналізували алгоритми прогнозування несправностей і інтеграцію сенсорних технологій у цифрові платформи [4]. Результати цих досліджень свідчать, що сучасні ЕБУ здатні знижувати час діагностики, підвищувати точність

виявлення несправностей і забезпечувати стабільну роботу автомобіля в різних умовах експлуатації.

Сучасний етап розвитку транспортної галузі характеризується високою швидкістю цифровізації, що зумовлює зростаючий попит на фахівців, здатних працювати з електронними та інформаційними системами автомобіля. Аналітика ринку праці, проведена Європейською асоціацією автовиробників, показує, що понад 60 % вакансій у сервісних центрах та виробничих підрозділах вимагають компетентностей у сфері цифрової діагностики, робототехніки й телематики [1]. Особливо високим є попит на фахівців, здатних працювати з комплексними електронними системами, такими як ЕБУ двигуна, системи безпеки, телематика та інтегровані діагностичні платформи. Оскільки ЕБУ виступає базовим елементом цифрової архітектури автомобіля, його використання в освітньому процесі стає логічною основою формування цифрових компетентностей майбутніх викладачів.

Українські дослідники також акцентують на потребі у цифровокомпетентних кадрах. Т. Гончаренко підкреслює важливість інтеграції цифрових технологій в освітні програми для підготовки фахівців транспортної галузі [10]. Р. Ткачук зазначає, що відсутність достатньо підготовлених кадрів уповільнює впровадження інновацій та ефективного сервісного обслуговування сучасних автомобілів [18]. О. Кучерявий робить акцент на тому, що підготовка викладачів професійної освіти має враховувати не лише механічні, а й цифрові та діагностичні компетентності, аби майбутні фахівці володіли практичними навичками роботи з електронними системами транспортних засобів [14].

Таким чином, інтеграція цифрових технологій в освітні програми професійної освіти стає необхідністю. Педагогічна підготовка має формувати у викладачів уміння навчати роботи з сучасними електронними системами автомобілів, зокрема смарт-діагностикою ЕБУ двигуна, що дозволяє зменшити розрив між вимогами галузі та можливостями освітніх програм.

Враховуючи, що сучасні автомобілі обладнані численними електронними системами, серед яких ключове місце посідає ЕБУ двигуна, і що технічні можливості цих блоків забезпечують виконання смарт-діагностики в реальному часі, постає стратегічна необхідність підготовки фахівців, здатних ефективно працювати з цифровими технологіями. Аналіз потреб транспортної галузі свідчить, що ринок праці потребує викладачів професійної освіти, які володіють цифровими компетентностями, мають навички роботи з електронними системами та здатні передавати ці знання студентам [1; 10; 14; 18].

У результаті аналізу технічної складової смарт-діагностики та визначення потреб галузі у фахівцях із цифровими компетентностями постає завдання розроблення ефективної педагогічної моделі, яка поєднує технічні, аналітичні та дидактичні аспекти підготовки майбутніх викладачів професійної освіти. Ця модель базується на принципах інтеграції інженерно-технологічних знань із педагогічними технологіями, що забезпечує підготовку фахівців, здатних не лише користуватися сучасними цифровими інструментами, а й навчати цьому інших (рис.3).



Рис. 3. Модель інтеграції смарт-діагностики в систему підготовки майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі

Така модель передбачає формування цифрової, фахової та методичної компетентностей через практико-орієнтоване навчання, що поєднує реальні технічні процеси з педагогічними методиками. Її структура охоплює чотири взаємопов'язані блоки:

1. *теоретико-методологічний блок* – визначає цілі, принципи, підходи та нормативні засади

підготовки викладачів із цифровими компетентностями;

2. *техніко-технологічний блок* – охоплює роботу з реальними або симульованими ECU, цифровими платформами діагностики та сенсорними системами;

3. *дидактичний блок* – включає методи навчання, зокрема кейс-технології, симулятори, ситуаційне моделювання, цифрові тренажери та інтерактивні лабораторії;

4. *оціночно-рефлексивний блок* – передбачає формування здатності до самодіагностики педагогічної діяльності, оцінювання рівня цифрової компетентності та готовності до використання смарт-діагностики у професійній підготовці.

Використання реальних даних ЕБУ в освітніх сценаріях дозволяє студентам відпрацьовувати алгоритми діагностики, аналізувати сигнали від сенсорів, визначати причини відхилень у роботі системи, формуючи при цьому критичне мислення, технічне бачення й педагогічну гнучкість. Такий підхід сприяє створенню середовища занурення у професійну діяльність, що відповідає сучасним вимогам цифровізації освіти та транспорту.

Таким чином, інтеграція смарт-діагностики у педагогічний процес забезпечує послідовний перехід від технічного вивчення електронних систем автомобіля до формування у майбутніх викладачів умінь ефективно навчати студентів цифровим технологіям і практичним методам діагностики. Наступним логічним кроком є опис методів навчання, прикладів навчальних сценаріїв та потенційних результатів апробації даного підходу.

У межах реалізації педагогічної моделі інтеграції смарт-діагностики в підготовку майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі ключову роль відіграють інноваційні методи навчання, які забезпечують практичну спрямованість, наближеність освітнього процесу до умов реального виробництва та розвиток цифрових компетентностей здобувачів освіти.

Одним із найбільш ефективних методів є *кейс-технологія*, що передбачає розв'язання студентами реальних або змодельованих професійних ситуацій. Наприклад, під час вивчення теми «Діагностика електронних систем автомобіля» студентам пропонується кейс «Визначення причин нестабільної роботи двигуна за даними ЕБУ». У ході виконання завдання здобувачі аналізують показники сенсорів, коди помилок, зіставляють їх з технічними параметрами, формують висновок про можливі несправності та пропонують шляхи усунення. Такий підхід активізує аналітичне мислення, навички роботи з цифровими даними й водночас формує вміння навчати інших застосовувати діагностичні алгоритми на практиці.

Другим важливим напрямом є використання *симуляторів і віртуальних лабораторій*, які відтворюють роботу електронних систем автомобіля без ризику пошкодження обладнання. Наприклад, симулятор *Bosch Virtual Garage* або платформа *AutoSim EDU* дозволяють моделювати сигнали датчиків, змінювати параметри системи керування, спостерігати за реакцією ЕБУ в реальному часі. Це дає можливість студентам тренувати навички смарт-діагностики, а викладачам – створювати навчальні сценарії з різними рівнями складності, адаптуючи їх до рівня підготовки групи.

Крім того, в освітній процес доцільно інтегрувати цифрові діагностичні платформи, які

використовуються на сучасних підприємствах, – наприклад, OBDlink, Launch X431, Bosch KTS або українські освітні системи типу AutoSmart EDU. Їх використання під час лабораторних занять сприяє формуванню навичок роботи з реальним діагностичним обладнанням, що відповідає вимогам ринку праці.

Наведемо приклади навчальних сценаріїв роботи з ЕБУ.

Сценарій «Виявлення несправності системи упорскування палива».

Мета: навчити студентів проводити первинну діагностику електронної системи управління двигуном.

Етапи: підключення діагностичного сканера → зчитування кодів помилок → інтерпретація параметрів у реальному часі → формування звіту з рекомендаціями.

Сценарій «Порівняльний аналіз сигналів датчиків».

Мета: розвинути навички роботи з цифровими осцилограмами ЕБУ.

Завдання: за допомогою симулятора проаналізувати сигнали від датчика положення колінчастого валу при різних режимах роботи двигуна, визначити можливі відхилення.

Сценарій «Оптимізація енергоефективності транспортного засобу».

Мета: показати взаємозв'язок між параметрами системи упорскування та витратою палива.

Результат: студенти вчать оцінювати ефективність роботи ЕБУ на основі зібраних даних, роблять висновки щодо налаштувань системи.

Попередня апробація методики у межах курсів з дисциплін «Електронні та інформаційно-комп'ютерні системи на транспорті» показала:

- підвищення рівня практичної готовності студентів до роботи з сучасним діагностичним обладнанням;
- формування цифрової грамотності як складової професійної компетентності;
- підвищення мотивації до навчання через інтерактивні та дослідницькі завдання.

Подальше впровадження можливе через розроблення модульних освітніх курсів з елементами дистанційної взаємодії (віртуальні лабораторії, відеоінструкції, симуляційні платформи); укладання угод із транспортними підприємствами для організації спільних практичних занять; підготовку методичних рекомендацій для викладачів професійної освіти щодо використання смарт-діагностики в освітньому процесі.

Висновки та перспективи подальших розвідок напрямку. Проведення дослідження дозволило встановити, що впровадження смарт-діагностики у підготовку майбутніх викладачів професійної освіти транспортної галузі є необхідною умовою розвитку цифрової компетентності та відповідності сучасним вимогам ринку праці. Аналіз функціонування електронного блоку керування як ключового об'єкта дослідження дав змогу визначити його потенціал для практико-орієнтованого навчання, формування аналітичного мислення й умінь роботи з даними в режимі реального часу.

Запропонована педагогічна модель інтеграції смарт-діагностики довела ефективність використання кейс-технологій, симуляторів і діагностичних платформ у процесі підготовки викладачів.

Перспективи подальших наукових розвідок полягають у вдосконаленні цифрових навчально-методичних засобів, розробленні віртуальних лабораторій для моделювання роботи ЕБУ, розширенні партнерств між університетами й транспортними підприємствами, а також у створенні системи безперервного професійного розвитку педагогів у сфері цифрових технологій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ACEA – European Automobile Manufacturers' Association [Електронний ресурс]. URL: <https://www.acea.auto/>. Дата звернення: 23.10.2025.
2. Blikai. Engine Control Unit (ECU): Functions, Advantages and How It Works [Електронний ресурс]. URL: <https://www.blikai.com/blog/engine-control-unit-ecu-functions-advantages-and-how-it-works>. Дата звернення: 23.10.2025.
3. Moshynska A., & Khrokalo O. Remote vehicle diagnostic system development based on the internet of things technology. *Information and Telecommunication Sciences*. 15(1) Pp. 28–32. 2024. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12024.28-32>
4. Muñoz Gutiérrez S., Mukhtar A., Wotawa F. Data-Driven Diagnosis of Electrified Vehicles: Results from a Structured Literature Review. 2024. DOI: <https://doi.org/10.4230/OASlcs.DX.2024.20>
5. Oluwaseyi, M. M., & Abolarin, M. S. Specifications and Analysis of Digitized Diagnostics of Automobiles: A Case Study of On Board Diagnostic (OBD II). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 9(1). 2020. URL: <https://www.ijert.org/specifications-and-analysis-of-digitized-diagnostics-of-automobiles-a-case-study-of-on-board-diagnostic-obd-ii>
6. Thiruloga, S. V., Kukkala, V. K., & Pasricha, S. TENET: Temporal CNN with Attention for Anomaly Detection in Automotive Cyber-Physical Systems. *arXiv*. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.04565>
7. Lutchen R., Krätschmer A., Reuss H. C. AI-based classification of CAN measurements for network and ECU identification. *Automotive and Engine Technology*. 2022. №7. Pp. 317–330. URL: link.springer.com
8. Yassin A. M., Aslan H. K., Abdel Halim I. Th. Smart Automotive Diagnostic and Performance Analysis Using Blockchain Technology. *J. Sens. Actuator Netw.* 2023.12(2).
9. Гнатов А., Аргун С., Улянець О., Иванов Д. Diagnostics of Electric Vehicles Using OBD-II: Principles, Capabilities, and Prospects. *Автотранспортні засоби*. 2025.№5.
10. Гончаренко Т. А. Цифрові технології у професійній освіті: перспективи для відбудови країни. 2023. URL: <https://conference.ivet.edu.ua/index.php/1/article/download/418/391/1157>
11. Гунчик Р. В. Діагностика електрообладнання автомобіля: конспект лекцій для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня молодший спеціаліст, 274 «Автомобільний транспорт», денної форми навчання. Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ». 2022. 128 с.
12. Ковальчук В. І. Особливості підготовки майбутніх педагогів професійного навчання в умовах цифровізації освіти. *Актуальні проблеми соціальної роботи: досвід і перспективи* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Кам'янець-Подільський, 28 квітня 2020 року). 2020. С. 45–48.

13. Ковальчук В. І. Проблеми цифровізації фахової підготовки в закладах професійної освіти. Актуальні проблеми технологічної і професійної освіти: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Глухів. 14 травня 2020 р., С. 40–43.

14. Kucheryaviy, O. System of professional-digital competencies of a teacher of a higher pedagogical educational institution. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2022. 2(47). Pp. 44–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2022.255072>

15. Погорелов М. Г. Електронні освітні ресурси у формуванні компетентностей викладачів технічних спеціальностей. *Технічна освіта в Україні*. 2020. №2. С. 40–48.

16. Радкевич В. О. Системні аспекти модернізації професійно-технічної освіти. *Вісник освіти України*. №4. 2023. С. 23–31.

17. Рибіцький О., Голян В., Голян Н., Дудар З., Калининченко О., Нікітін Д. Using OBD-2 Technology for Vehicle Diagnostic and Using It in the Information System. *Bulletin of National Technical University «KhPI»*. Series: System Analysis, Control and Information Technologies. 2023. 9(1). S. 97–103.

18. Ткачук Р. Л. Системно-комплексна діагностика готовності викладачів до реалізації особистісно-орієнтованого підходу в культурно-освітньому середовищі професійно-технічного навчального закладу. 2023. URL: <https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=umaq9WIAAAAJ>

19. Тихонова Н. Проблеми підготовки майбутніх педагогів професійної освіти в контексті післявоєнного економічного відновлення України. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2024. 59(2). S. 79. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.304927>

REFERENCES

1. ACEA – European Automobile Manufacturers' Association. [Electronic resource]. URL: <https://www.acea.auto/> (Accessed October 23, 2025) [in English]
2. Blikai. Engine Control Unit (ECU): Functions, Advantages and How It Works. URL: <https://www.blikai.com/blog/engine-control-unit-ecu-functions-advantages-and-how-it-works> (Accessed October 23, 2025) [in English]
3. Moshynska, A., & Khrokalo, O. (2024). Remote vehicle diagnostic system development based on the Internet of Things technology. *Information and Telecommunication Sciences*. 15(1). Pp. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12024.28-32> [in English]
4. Muñoz Gutiérrez, S., Mukhtar, A., & Wotawa, F. (2024). Data-driven diagnosis of electrified vehicles: Results from a structured literature review. DOI: <https://doi.org/10.4230/OASlcs.DX.2024.20> [in English]
5. Oluwaseyi, M. M., & Abolarin, M. S. (2020). Specifications and analysis of digitized diagnostics of automobiles: A case study of On Board Diagnostic (OBD II). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 9(1). URL: <https://www.ijert.org/specifications-and-analysis-of-digitized-diagnostics-of-automobiles-a-case-study-of-on-board-diagnostic-obd-ii> [in English]
6. Thiruloga, S. V., Kukkala, V. K., & Pasricha, S. (2021). TENET: Temporal CNN with attention for anomaly detection in automotive cyber-physical systems. *arXiv*. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.04565> [in English]
7. Lutchen, R., Krätschmer, A., & Reuss, H. (2022). AI-based classification of CAN measurements for network and ECU. *Automotive and Engine Technology*. №7. Pp. 317–330. URL: <https://link.springer.com> [in English]
8. Yassin, A. M., Aslan, H. K., & Abdel Halim, I. Th. (2023). Smart automotive diagnostic and performance analysis using blockchain technology. *Journal of Sensors and Actuator Networks*. 12(2). [in English]

9. Hnatov, A., Argun, S., Ulianets, O., & Ivanov, D. (2025). Diagnostics of electric vehicles using OBD-II: Principles, capabilities, and prospects. *Avtotransportni zasoby*, №5. [in English]

10. Honcharenko, T. A. (2023). Tsyfrovі tekhnolohii u profesiinii osviti: perspektvyv dlya vidbudovy krainy [Digital technologies in vocational education: Prospects for country rebuilding]. URL: <https://conference.ivet.edu.ua/index.php/1/article/download/418/391/1157> [in Ukrainian]

11. Hunchyk, R. V. (2022). Diahnostyka elektroobladnannia avtomobilia: konspekt leksiі dlia zdobuvachiv osvito-kvalifikatsiinoho rivnia molodshyi spetsialist, 274 "Avtomobilnyi transport", dennoi formy navchannia [Diagnostics of vehicle electrical equipment: Lecture notes for students of junior specialist qualification, 274 "Automobile Transport", full-time study]. Lubeshiv: VSP "Lubeshivskiy TFK Lutskoho NTU". [in Ukrainian]

12. Kovalchuk, V. I. (2020). Osoblyvosti pidgotovky maibutnikh pedahohiv profesiinoho navchannia v umovakh tsyfrovizatsii osvity [Features of training future vocational education teachers in the context of digitalization of education]. In *Aktualni problemy sotsialnoi roboty: dosvid i perspektvyv* (pp. 45–48). Kamianets-Podilskyi: Conference materials. [in Ukrainian]

13. Kovalchuk, V. I. (2020). Problemy tsyfrovizatsii fakovoі pidgotovky v zakladakh profesiinoy osvity [Problems of digitalization of professional training in vocational education institutions]. In *Aktualni problemy tekhnolohichnoi i profesiinoy osvity* (pp. 40–43). Hlukhiv: II International Scientific-Practical Conference materials. [in Ukrainian]

14. Kucheryaviy, O. (2022). System of professional-digital competencies of a teacher of a higher pedagogical educational institution. *ScienceRise: Pedagogical Education*, 2(47). Pp. 44–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2022.255072> [in English]

15. Pohorelov, M. H. (2020). Elektronni osvirmi resursy u formuvanni kompetentnosti vykladachiv tekhnichnykh spetsialnosti [Electronic educational resources in the formation of competencies of technical teachers]. *Tekhnichna osvita v Ukraini*, №2. S. 40–48. [in Ukrainian]

16. Radkevych, V. O. (2023). Systemni aspekty modernizatsii profesiino-tekhnichnoi osvity [System aspects of vocational education modernization]. *Visnyk osvity Ukrainy*, №4. S. 23–31. [in Ukrainian]

17. Rybitskyi, O., Holian, V., Holian, N., Dudar, Z., Kalynychenko, O., & Nikitin, D. (2023). Using OBD-2 technology for vehicle diagnostic and using it in the information system. *Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*, 9(1). Pp. 97–103. [in English]

18. Tkachuk, R. L. (2023). Systemno-kompleksna diahnostyka hotovnosti vykladachiv do realizatsii osobystisno-orientovanoho pidkhoodu v kulturno-osvitnomu seredovyschi profesiino-tekhnichnogo navchalnogo zakladu [System-complex diagnostics of teachers' readiness to implement a student-centered approach in the cultural-educational environment of vocational training institution]. URL: <https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=umaq9WIAAAAJ> [in Ukrainian]

19. Tikhonova, N. (2024). Problemy pidgotovky maibutnikh pedahohiv profesiinoy osvity v konteksti pisliavoiennoho ekonomichnogo vidnovlennia Ukrainy [Problems of training future vocational education teachers in the context of post-war economic recovery of Ukraine]. *ScienceRise: Pedagogical Education*, 59(2). 79 s. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.304927> [in Ukrainian]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БОНДАРЕНКО Володимир – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Наукові інтереси: формування професійного іміджу вчителя трудового навчання та технологій, комп'ютерних технологій з 3D моделювання та обробки на верстатах с числовим програмним управлінням.

ПОГОРСЛОВ Михайло – доктор філософії, доцент кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Наукові інтереси: формування готовності майбутніх викладачів професійного навчання в галузі транспорту до застосування інформаційно-комунікаційних технологій у професійній діяльності.

ПШЕНИЧНИЙ Максим – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Наукові інтереси: формування творчої компетентності учнів закладу загальної середньої освіти у процесі технологічної освіти.

СОЗОНІЮК Ольга – доктор філософії, старший викладач кафедри технологічної та професійної освіти Криворізького державного педагогічного університету.

Наукові інтереси: розвиток партнерської взаємодії педагогічних університетів з підприємствами транспортної галузі для забезпечення практико-орієнтованої підготовки майбутніх фахівців.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

BONDARENKO Volodymyr – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Theory and Practice of Technological and Vocational Education Donbas State Pedagogical University.

Scientific interests: formation of professional image of labor training and technology teachers, computer technologies for 3D modeling and processing on CNC machines.

POHORELOV Mykhailo – PhD, Associate Professor of the Department of Theory and Practice of Technological and Vocational Education Donbas State Pedagogical University.

Scientific interests: formation of readiness of future vocational training teachers in the transport industry to apply information and communication technologies in professional activities.

PSHENYCHNYI Maksym – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Theory and Practice of Technological and Vocational Education Donbas State Pedagogical University.

Scientific interests: formation of creative competence of general secondary education institution students in the process of technological education.

SOZONIUK Olha – PhD, Senior Lecturer of the Department of Technological and Vocational Education Kryvyi Rih State Pedagogical University.

Scientific interests: development of partnership interaction between pedagogical universities and transport industry enterprises to ensure practice-oriented training of future specialists.

Стаття надійшла до редакції 07.10.2025 р.
Стаття прийнята до друку 21.10.2025 р.