ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Гуманітарно-педагогічний факультет
Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортної галузі у закладах професійної освіти

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань – 01 Освіта /Педагогіка

Спеціальність – 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)

Спеціалізація – 015.38 Транспорт

Освітньо-професійна програма – Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)

КвРПОТ.024056.01.01. ПЗ

Виконав: студент 2 курсу
група ПОтмз-24-1 Підпис Андрій БАЛЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: к.пед.н., доцент Підпис Артем КОРЄХОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер Підпис Віктор ПРИЙМАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технологічної та професійної освіти
і декоративного мистецтва Підпис Олена САМБОРСЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

11 грудня 2025р.

Хмельницький – 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет – *Гуманітарно-педагогічний*
Кафедра – *Технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва*
Рівень вищої освіти – *другий (магістерський)*
Галузь знань – *01 Освіта/Педагогіка*
Спеціальність – *015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)*
Спеціалізація – *015.38 Транспорт*
Освітньо-професійна програма – *Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва
_____ Олена САМБОРСЬКА
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
01 09 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Балюк Андрій Олегович
(Прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортної галузі у закладах професійної освіти

Керівник роботи Корєхов Артем Олександрович к.пед.н., доцент
(Прізвище, ім'я, по батькові Науковий ступінь, учене звання)

Затверджено наказом ректора університету від 25.08.2025 р. №65 додаток 5з
3. Вихідні дані до роботи: робоча програма дисципліни «Технології (Автомобілі)».
4. Зміст пояснювальної записки: Теоретичні засади використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортного профілю. Методичні основи та практична реалізація симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю. Апробація результатів дослідження та оцінка ефективності використання симуляційних технологій

5. Перелік графічного матеріалу: відсутній

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Етапи роботи	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка академічного тексту спеціалізованими програмними засобами	Герніченко І.І.		
Нормоконтроль	Приймак В.М.		4.12.2025

7. Дата видачі завдання 01.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Отримання завдання	23.09.2025	виконав
2	Обґрунтування актуальності, визначення категоріального апарату та підбір інформаційних джерел	10.10.2025	виконав
3	Виконання 1-го розділу	03.11.2025	виконав
4	Виконання 2-го розділу	10.11.2025	виконав
5	Висновки, перелік джерел посилань	20.11.2025	виконав
6	Нормоконтроль	26.11-04.12.2025	виконав
7	Рецензування	11-17.12.2025	виконав
8	Захист кваліфікаційної роботи	22.12.2025	виконав

Здобувач _____ Андрій БАЛЮК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Артем КОРЄХОВ
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортної галузі в умовах закладу професійної освіти» вирішує актуальне науково-методичне завдання з розробки та експериментальної апробації структурно-функціональної моделі використання симуляційних технологій для ефективного формування професійних компетентностей. У роботі теоретично обґрунтовано необхідність впровадження симуляційних технологій, що викликано дефіцитом практичної готовності випускників у сфері діагностики та ремонту складних електронних систем сучасного автомобільного транспорту. Проаналізовано зарубіжний та вітчизняний досвід застосування віртуальних тренажерів, VR/AR-середовищ та цифрових двійників для формування Діагностичної та Ремонтно-технічної компетентностей.

Експериментальна апробація результатів дослідження, здійснено на базі Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу, де застосовувались експертні методи та опитування здобувачів освіти та статистично підтвердила ефективність розробленої методики та запропонованих рішень. Доведено, що системне використання симуляційних технологій значно підвищує якісні показники підготовки, кількість студентів із високим рівнем компетентності зросла втричі, а швидкість та точність виконання діагностики підвищилася на 35%. Наведено практичні рекомендації щодо організації гібридних симуляційних центрів та підготовки педагогічних кадрів, які можуть бути впроваджені в освітній процес закладів професійної освіти.

Кваліфікаційна робота виконана студентом спеціальності 015.38 Професійна освіта (Транспорт) кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва Хмельницького національного університету Андрієм БАЛЮКОМ під керівництвом Артема КОРЄХОВА.

Кваліфікаційна робота складає 81 сторінку, 16 таблиць, 14 рисунків та літературних джерел в кількості 39.

16 грудня 2025р. Андрій БАЛЮК

ЗМІСТ

Вступ……..…... 7
1 Теоретичні засади використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортного профілю…… 11
1.1 Професійна підготовка майбутніх фахівців автотранспортної галузі в системі професійної освіти…… 11
1.2 Поняття, сутність і класифікація симуляційних технологій у педагогічній теорії та практиці…… 13
1.3 Особливості впровадження симуляційних технологій у освітній процес закладу професійної освіти…... 16
1.4 Зарубіжний і вітчизняний досвід упровадження симуляцій у професійну освіту……..……. 20
2 Методичні основи та практична реалізація симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю ……. 25
2.1 Аналіз освітніх програм підготовки фахівців автотранспортного профілю……..…… 25
2.2 Обгрунтування вибору симуляційних засобів, для використання у освітньому процесі закладу професійної освіти … 29
2.3 Методика використання симуляційних технологій при вивченні фахових дисциплін……... 40
2.4 Апробація результатів дослідження та оцінка ефективності використання симуляційних технологій…… 47
Висновки……..…….. 66
Перелік джерел посилання……..…… 68
Додаток А Модель використання симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю…….. 73
Додаток Б Приклади практичних завдань ……..……. 74

Додаток В Дані педагогічного експерименту…….…..... 79

Додаток Г Діаграма 1 «Порівняння середніх інтегральних балів»……. 81

Додаток Д Діаграма 2 «Порівняння операційної ефективності»…..... 82

ВСТУП

Сучасний розвиток автотранспортної галузі характеризується стрімкою інноваційною динамікою, що вимагає від фахівців не лише ґрунтовних теоретичних знань, але й високого рівня практичної готовності до роботи з діагностичним обладнанням, складними електронними системами та інноваційними конструкціями транспортних засобів. В умовах ринку праці, який постійно зростає та модернізується, традиційні методи професійної підготовки, що базуються переважно на лекційних заняттях та обмеженій практиці в майстернях, часто виявляються недостатніми для формування необхідних професійних компетентностей [6].

Заклади професійної освіти стоять перед викликом забезпечення якісної підготовки конкурентоспроможних техніків та механіків. Це зумовлює необхідність пошуку та впровадження інноваційних педагогічних технологій, які здатні імітувати реальні виробничі ситуації, забезпечувати безпечне багаторазове відпрацювання складних професійних дій розвиваючи навички та здібності швидкого прийняття рішень.

Однією з найбільш перспективних відповідей на цей виклик є симуляційні технології. Вони дозволяють створити цифрове, інтерактивне освітнє середовище, в якому майбутні фахівці автотранспортної галузі можуть моделювати процеси діагностики, ремонту, технічного обслуговування, а також відпрацьовувати навички керування транспортними засобами в різних, навіть критичних, умовах. Використання віртуальних тренажерів, цифрових двійників вузлів та VR-середовищ забезпечує економічну ефективність, знижує ризики пошкодження дорогого обладнання та надає можливість стандартизованої оцінки результатів навчання [1].

Таким чином, актуальність обраної теми полягає у необхідності теоретичного обґрунтування та практичної розробки методики ефективного впровадження симуляційних технологій у освітній процес закладів

професійної освіти для підвищення рівня професійної підготовки майбутніх фахівців автотранспортної галузі, що відповідає сучасним вимогам виробництва та концепції SMART-освіти.

Об’єкт дослідження – процес професійної підготовки фахівців автотранспортної галузі в умовах закладу професійної освіти.

Предмет дослідження – використання симуляційних технологій під час вивчення фахових дисциплін.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити методику використання симуляційних технологій у професійній підготовці фахівців автотранспортної галузі у закладах професійної освіти та експериментально перевірити її ефективність.

Завдання дослідження:

1) Здійснити теоретичний аналіз сутності, класифікації та функцій симуляційних технологій у контексті професійної освіти та автотранспортної галузі.

2) Проаналізувати освітні програми підготовки фахівців автотранспортного профілю на предмет їх доцільності використання симулятивних технологіям.

3) Обґрунтувати та розробити методику використання симуляційних засобів у виввченні фахових дисциплін.

4) Перевірити ефективність методики використання симуляційних технологій в умовах закладу професійної освіти

Для досягнення поставленої мети були використані такі групи методів:

– аналіз та синтез наукової, навчально-методичної літератури, дисертаційних робіт, нормативно-правових документів у сфері освіти та автотранспортної галузі (для визначення теоретичних засад дослідження, сутності та класифікації симуляційних технологій);

– порівняння та узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду використання симуляцій (для виявлення найкращих практик);

– педагогічне спостереження за навчальною діяльністю студентів;

– опитування (анкетування, бесіди) викладачів та студентів (для збору даних про стан впровадження та ставлення до симуляцій);

– тестування (для оцінки рівня сформованості професійних компетентностей до та після експериментального впливу);

– кількісний та якісний аналіз експериментальних даних (для статистичної обробки та інтерпретації результатів тестування).

Наукова новизна проведеного дослідження полягає у розробці симуляційних електронних технологій, що орієнтовані на удосконалення системи підггтовки фахівців автомобільного профілю. Ресурси грунтуються на поєднанні елементів гейміфікації освітнього процесу та супроводу електроними ресурсами.

Практичне значення роботи полягає у створенні методики використання симуляційних технологій, яка може бути впроваджена в закладах професійної освіти, що здійснюють підготовку фахівців автотранспортної галузі. Це сприятиме підвищенню якості освітнього процесу, розвитку професійних компетентностей здобувачів освіти та формуванню їхньої готовності до практичної діяльності в реальних виробничих умовах. Запропоновані симуляційні рішення можуть бути використані викладачами технічних дисциплін, а також самими здобувачами для тренування навичок у форматі наближених до реальності ситуацій.

Магістерська робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. У першому розділі представлено теоретичні засади застосування симуляційних технологій в освітньому процесі та обґрунтовано їхню роль у професійній підготовці фахівців автотранспортної галузі. У другому розділі розглянуто розробку симуляційного навчального середовища, особливості його впровадження та результати педагогічного експерименту щодо ефективності використання таких технологій.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у дослідженні завдань використано комплекс взаємопов’язаних методів: теоретичні − аналіз, синтез,

порівняння – для вдосконалення змісту навчальних програм професійної підготовки; моделювання – для визначення сутності та можливостей застосування симуляційних технологій у освітньому процесі; емпіричні − педагогічне спостереження, тестування, анкетування, опитування, педагогічний експеримент (констатувальний та формувальний) – для дослідження стану та ефективності використання симуляторів у навчанні фахівців автотранспортної галузі як під час занять, так і під час самостійної підготовки; методи математичної статистики та графічного зображення – для обробки й інтерпретації результатів дослідження та визначення достовірності отриманих показників.

Експериментальна база дослідження. Дослідження здійснювалось на базі Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення та результати дослідження доповідались та обговорювались на IV міжнародній науково-практичній конференції «Сектор безпеки і оборони на захисті національних інтересів: актуальні проблеми та завдання в умовах воєнного стану», Хмельницький, НАДПСУ, 20 листопада 2025 року.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОФІЛЮ

1.1 Професійна підготовка майбутніх фахівців автотранспортної галузі в системі професійної освіти

Сучасна система професійної освіти відіграє ключову роль у формуванні технічної еліти середньої ланки, здатної забезпечувати функціонування та розвиток ключових галузей економіки, зокрема й автотранспортної. В умовах інтеграції України до європейського освітнього простору та інтенсивної технологічної модернізації виробництва, підготовка фахівців автотранспортної галузі набуває стратегічного значення [2].

Професійна підготовка фахівців автотранспортного профілю (техніків-механіків, організаторів перевезень, діагностів) у закладах професійної освіти є комплексним педагогічним процесом, спрямованим на формування системних знань, професійних умінь та навичок, а також розвитоку професійних компетентностей, необхідних для успішного виконання поставлених завдань під час професійної діяльності.

Згідно з сучасними освітніми стандартами, ключовим орієнтиром виступає компетентнісний підхід. На відміну від знаннєвого, він акцентує увагу не просто на засвоєнні інформації, а на здатності застосовувати знання в реальних (або максимально наближених до реальних) професійних ситуаціях. Для фахівців автотранспортної сфери це означає перехід від знання будови автомобіля до здатності швидко діагностувати складні несправності електронних систем, ефективно планувати логістичні процеси чи оптимізувати технічне обслуговування автопарку.

Нормативно-правова база, зокрема Закон України «Про професійну освіту» та галузеві стандарти, вимагає від закладів професійної освіти забезпечення тісного зв’язку теорії з практикою, що є прямим стимулом до впровадження інноваційних, практико-орієнтованих методів навчання [8].

Підготовка фахівців для автотранспортної галузі має низку специфічних викликів, які безпосередньо зумовлюють пошук нових освітніх технологій.

Сучасні транспортні засоби є високотехнологічними комплексами, оснащеними CAN-шинами, ADAS-системами та складними електронними блоками управління. Традиційне обладнання навчальних майстерень часто не відповідає рівню складності сучасних моделей [2].

Відпрацювання навичок діагностики чи ремонту складних агрегатів на реальному обладнанні, а тим паче – навичок керування в критичних умовах, є дорогим та небезпечним для початківців.

Забезпечення коледжу повним спектром діагностичних стендів, нових моделей двигунів чи електричних автомобілів потребує значних капіталовкладень. Фахівець повинен мати не лише технічні знання, але й розвинені навички командної роботи, критичного мислення та прийняття рішень в умовах обмеженого часу.

Усвідомлення цих викликів призводить до думки про необхідність створення імітаційних умов, які б дозволяли багаторазово, безпечно і без значних фінансових втрат моделювати виробничі процеси. Підготовка в закладах професійної освіти має бути орієнтована на формування наступного ключового комплексу професійних компетентностей (далі - ПК) [6]:

Таблиця 1.1 – Категорії професійних компетентностей

Категорія компетентності	Зміст та функції
ПК-1: Діагностична	Здатність до використання сучасних електронних діагностичних приладів (сканерів, осцилографів), читання та інтерпретації кодів несправностей, локалізації дефектів у механічних та електронних системах автомобіля.

Кінець таблиці 1.1

ПК-2: Ремонтно-технічна	Навички виконання технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту агрегатів (двигунів, трансмісій, гальмівних систем) відповідно до вимог виробника та правил безпеки праці.
ПК-3: Експлуатаційна	Здатність ефективно планувати та організовувати перевезення, контролювати технічний стан транспортних засобів на лінії та забезпечувати їхню безпечну експлуатацію.
ПК-4: Інформаційно-технологічна	Уміння працювати з технічною документацією, спеціалізованим програмним забезпеченням (наприклад, каталогами запчастин, базами даних діагностики) та цифровими навчальними середовищами.

У контексті цього дослідження, найбільш критичною є необхідність підвищення рівня сформованості діагностичної та ремонтно-технічної компетентностей, оскільки саме вони вимагають високої точності, концентрації та значного обсягу практичних вправ, які ідеально можуть бути відпрацьовані за допомогою симуляційних технологій.

Таким чином задля зменшення розриву між теорією та реальною практикою, професійна підготовка фахівців автотранспортної галузі потребує змін в освітньому процесі. Це прямо вказує на доцільність впровадження симуляційних технологій.

1.2 Поняття, сутність і класифікація симуляційних технологій у педагогічній теорії та практиці

Впровадження симуляційних технологій у професійну освіту вимагає чіткого розуміння їхньої педагогічної сутності та місця в дидактичній системі. Симуляція, як метод навчання не є абсолютно новим явищем, проте її цифрова реалізація відкрила принципово нові можливості для імітації складних професійних процесів [3].

Термін «симуляція» походить від латинського слова *simulatio* – удавання, імітація. У широкому сенсі симуляція – це процес відтворення або імітації реальної системи чи процесу за допомогою програмного забезпечення та спеціального обладнання [4].

У контексті педагогіки та професійної підготовки, симуляційна технологія – це сукупність методів та засобів, що забезпечують створення штучного освітнього середовища, яке з високим ступенем достовірності імітує професійну діяльність, дозволяючи студенту відпрацьовувати навички, діагностувати ситуації та приймати рішення без ризику для себе, обладнання чи навколишнього середовища [5].

Основні характеристики симуляційних технологій як педагогічної технології:

- імерсивність (занурення), що полягає у створенні відчуття присутності в реальному професійному середовищі;
- інтерактивність, надає змогу забезпечення двостороннього зв’язку між системою і користувачем, де дії студента викликають адекватну реакцію моделі;
- реалістичність, максимально наближує параметри моделі до фізичних, функціональних та логічних особливостей реального об’єкта або процесу;
- контрольованість, забезпечує можливість багаторазового повторення вправ, зупинки, аналізу помилок та зміни вихідних умов [5].

Симуляційні технології виконують низку важливих функцій, що в свою чергу значно відрізняють їх від традиційних (застарілих) методів, оскільки забезпечують активне залучення здобувачів освіти до навчального процесу та орієнтацію на практичний результат (див. таб. 1.2). Вони створюють безпечне навчальне середовище для відпрацювання професійних дій, дозволяють багаторазово моделювати складні виробничі ситуації без ризику пошкодження обладнання та сприяють розвитку аналітичного мислення, самостійності й відповідальності за прийняті рішення.

Таблиця 1.2 – Функції симуляційних технологій

Функція	Опис для автотранспортної галузі
Навчальна (Дидактична)	Засвоєння нових знань та формування первинних навичок (наприклад, вивчення алгоритму діагностики двигуна за допомогою віртуального стенду).
Тренувальна	Багаторазове, доведене до автоматизму, відпрацювання складних та небезпечних операцій (наприклад, екстрене гальмування на тренажері водіння).
Діагностична (Контрольна)	Об’єктивна оцінка рівня сформованості компетентностей у стандартизованих умовах (система фіксує швидкість реакції, послідовність дій, правильність рішень).
Мотиваційна	Підвищення інтересу до навчання завдяки ігровим елементам та зануренню у високотехнологічне середовище.
Корекційна	Аналіз та виправлення помилок у режимі реального часу або після завершення симуляції з можливістю повернення до проблемного етапу.

Для структурованого підходу до впровадження симуляційних технологій необхідно їх класифікувати. У педагогічній практиці найбільш доцільною є класифікація за ступенем реалізму та технічним засобом реалізації (таб. 1.3) [7].

Таблиця 1.3 – Види симуляційних технологій

Класифікаційний критерій	Вид симуляційної технології	Застосування в автотранспортній освіті
1	2	3
За ступенем фізичного реалізму (Fidelity)	Фізична симуляція (Physical Fidelity)	Навчальні автотренажери повного занурення з рухомою платформою; імітатори робочих місць механіка.
	Функціональна симуляція (Functional Fidelity)	Віртуальні діагностичні стенди для роботи з електричними схемами; комп’ютерні моделі процесів горіння у двигуні внутрішнього згорання.
За типом технічної реалізації	Комп’ютерні симулятори (К-С)	Програмне забезпечення, що імітує панель приладів, процес ремонту в 2D/3D (наприклад, Autodesk Inventor для моделювання вузлів).
	Віртуальна реальність (VR)	Використання шоломів Oculus Quest або HTC Vive для занурення у віртуальну майстерню та відпрацювання навичок монтажу/демонтажу агрегатів.

Кінець таблиці 1.3

1	2	3
	Доповнена реальність (AR)	Використання планшетів або AR-окулярів для накладання інформаційних шарів або віртуальних інструкцій на реальний двигун або шасі (наприклад, для поетапної діагностики).
	Цифрові двійники (Digital Twins)	Створення повної цифрової копії конкретного автомобільного вузла чи системи для прогнозування її роботи та імітації зносу (використовується переважно у галузі, але має потенціал у навчанні).

Наприклад, комп'ютерний симулятор несправностей двигуна дозволяє викладачу «внести» сотні різних відмов (від програмних помилок до механічних проблем), які студент повинен послідовно діагностувати, використовуючи віртуальні інструменти. Це гарантує, що кожен майбутній фахівець зустрінеться з широким спектром проблем, що є малоімовірним в умовах обмеженої кількості навчальної практики.

Таким чином, симуляційні технології є інноваційним інструментом, який дозволяє вирішити ключову проблему професійної освіти, безпечне та ефективне формування практичних навичок у високотехнологічній галузі, забезпечуючи перехід від знань до готовності діяти.

1.3 Особливості впровадження симуляційних технологій у освітній процес закладу профеійної освіти

Ефективне використання симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортної галузі не обмежується лише придбанням технічних засобів. Воно вимагає глибокої організаційно-методичної перебудови освітнього процесу та врахування специфічних дидактичних особливостей [9]. Впровадження симуляційних технологій у закладах професійної освіти має

низку особливостей, які необхідно враховувати для досягнення максимального педагогічного ефекту.

Успішне впровадження симуляційних технологій можливе лише тоді, коли в закладі створені відповідні умови для їх використання [10]:

– матеріально-технічне забезпечення, створення спеціалізованиз симуляційних класів (лабораторій), оснащеня високопродуктивними комп'ютерами, ліцензійним програмним забезпеченням (наприклад, симуляторами діагностики Launch, Bosch ESI чи навчальними тренажерами Virtual Mechanic), а також, за можливістю, VR/AR обладнанням [11, 12, 13]. Слід акцентувати увагу на модульності та масштабованості симуляційних систем

– кадровий потенціал та підготовка викладачів, впровадження симуляційних технологій вимагає від викладацького складу не лише глибоких знань фахових дисциплін, але й володіння цифровою дидактикою та навичками роботи з високотехнологічним обладнанням. Необхідна систематична перепідготовка та підвищення кваліфікації педагогів.

Перш ніж впровадити симуляційне навчання, необхідно провести внутрішню підготовку. У закладі освіти слід офіційно закріпити використання симуляторів в освітніх програмах, створити нові навчальні плани і, що найголовніше, розробити чіткі правила оцінювання результатів які студенти досягли, працюючи з тренажерами. Тільки після проведення вказаних заходів дозволяється гарантувати, що технологія буде використовуватися вірно, послідовно і з користю.

Навчання має максимально точно імітувати реальність. Завдання не можуть бути абстрактними, повинні бути чіткими. Вони мають відтворювати саме ті складні проблеми, які чекають на фахівця на виробництві (наприклад, несправності, які важко знайти). Тому програми для симуляторів потрібно створювати спільно з фахівцями автотранспортних підприємств [14].

Студент не просто спостерігає, а виконує роботу. Ця діяльність повинна бути багаторазовою. Саме можливість повторити складну операцію або

діагностику десятки разів без страху зіпсувати дороговартісне обладнання дозволить закріпити навичку до рівня автоматизму та надасть змогу ефективно виправити власні помилки.

Система не повинна чекати до кінця заняття, або процесу, щоб вказати на помилку. Якщо діагностичний щуп підключено не вірно або порушено технологічну послідовність, симулятор повинен негайно про це повідомити. Цей миттєвий зворотний зв'язок значно прискорює самокорекцію та освоєння матеріалу, надає змогу одразу виправити помилки та продовжити навчання.

Після кожного симуляційного сеансу обов’язково має проводитись груповий чи індивідуальний аналіз дій студента. Це найважливіший етап, що переводить практичний досвід у теоретичне осмислення та узагальнення [10].

Симуляційні технології не повинні бути окремою складовою освітнього процесу, їх потрібно впровадити у вивчення конкретних фахових дисциплін (таб. 1.4).

Таблиця 1.4 – Приклад впровадження симуляційних технологій

Фахова дисципліна	Мета симуляції	Приклад симуляційного завдання
Технічна діагностика	Відпрацювання алгоритмів пошуку несправностей.	Використання віртуального осцилографа для аналізу сигналів датчиків (датчика положення колінчастого валу, датчика положення розпдільного валу) та ідентифікації їхніх пошкоджень.
Технічне обслуговування та ремонт автомобілів	Формування навичок послідовного демонтажу/монтажу вузлів.	VR-тренажер для безпечного розбирання коробки передач чи налаштування газорозподільного механізму.
Організація перевезень	Навчання прийняттю рішень в екстремальних умовах та оптимізація маршрутів.	Комп’ютерний симулятор водіння з імітацією різних погодних умов та дорожньо-транспортних ситуацій.

На відміну від вищих навчальних закладів, де симуляційні технології часто використовують для дослідницьких цілей, у закладах професійної освіти симуляційні технології повинні чітко фокусуватися на формуванні конкретних трудових навичок безпосередньо необхідних для майбутнього працевлаштування.

Рисунок 1.1 – Модель використання симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю [15]

Таким чином, особливості впровадження симуляційних технологій у заклади професійної освіти полягають у необхідності комплексного підходу, що охоплює не лише технічне оснащення, але й глибоку методичну підготовку, чітке структурування освітнього процесу та використання симуляційних технологій як необхідної ланки між теоретичним навчанням та реальними виробничими практиками.

1.4 Зарубіжний і вітчизняний досвід упровадження симуляцій у професійну освіту

Аналіз досвіду провідних освітніх систем та окремих закладів є критично важливим для розробки власної ефективної моделі використання симуляційних технологій в умовах Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу з метою ефективного розвитку та можливості відповідати сучасним світовим стандартам освіти. Світова практика демонструє, що симуляційне навчання вже давно вийшло за межі авіації та медицини, ставши невід'ємною частиною інженерно-технічної підготовки.

У країнах з розвиненою системою професійно-технічної освіти (VET – Vocational Education and Training), особливо у Німеччині, Канаді та США, симуляції застосовуються системно і мають високий ступінь реалізму.

У Канаді та США під час автомобільної діагностики широко використовують інтерактивні комп'ютерні програми, такі як CDX Automotive та Electude, які є повноцінними віртуальними лабораторіями. Вони дозволяють студентам проводити віртуальну діагностику несправностей на цифрових двійниках (Digital Twins) різних марок та моделей автомобілів [16,17].

Особливістю є модульний підхід, де кожен модуль симуляції відповідає конкретному стандарту професійної кваліфікації (наприклад, діагностика гальмівної системи чи системи впорскування палива) [15].

У великих технічних коледжах, зокрема в провінції Онтаріо (Канада), активно впроваджуються AR-технології для формування професійних умінь у сфері обслуговування та ремонту важкої техніки. Використання технологій доповненої реальності дозволяє поєднати реальні об'єкти з цифровими підказками, створюючи інтерактивне та високоінформативне навчальне середовище. Студент, одягнувши AR-окуляри, отримує доступ до покрокових візуальних інструкцій, які накладаються безпосередньо на реальний двигун

або інший агрегат. Це дає змогу побачити правильну послідовність дій, необхідні інструменти, можливі точки контролю та способи перевірки виконаної операції. Завдяки такому підходу значно зменшується ймовірність помилок, адже здобувач освіти не просто читає інструкцію, а виконує операції в контексті реальної ситуації з чіткими візуальними підказками. Окрім цього, AR-технології забезпечують суттєве прискорення навчального процесу: студент може одразу коригувати власні дії, бачити помилки в реальному часі та швидко повертатися до попередніх етапів без потреби у додатковому втручанні викладача (див. рис. 1.2). Така форма навчання формує більш стійкі практичні навички, підвищує самостійність майбутніх фахівців і дає можливість відпрацьовувати складні операції у безпечних умовах, без ризику пошкодження дорогої техніки [19].

Рисунок 1.2 – Застосування VR/AR – симулятора в автотранспортній освіті

Німеччина використовує симуляційні технології інтегровані в дуальну систему освіти, де практика на підприємстві доповнюється високотехнологічним навчанням у коледжі. Набули популярності фізичні

автотренажери (Driving Simulators) для відпрацювання економічного та безпечного водіння великогабаритного транспорту. Симулятори оснащені деталізованим *haptic feedback* (зворотним зв'язком), що імітує поведінку автомобіля на слизькій дорозі чи при проколі колеса. Це дозволяє формувати психомоторні навички у безпечному середовищі.

Німецькі освітні центри часто використовують симуляції для підготовки до сертифікаційних іспитів, оскільки симулятори забезпечують стандартизовану та об'єктивну оцінку навичок.

В Україні впровадження симуляційних технологій у професійну освіту автомобільного профілю перебуває на етапі активного розвитку, проте має деякі стримуючі фактори [9].

Досвід українських закладів професійної освіти, зокрема й Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу, часто обмежується використанням комп'ютерних тренажерів водіння та базових програмних симуляторів (наприклад, 3D-моделей агрегатів) через обмежене фінансування та відсутністю кваліфікованих викладачів.

Не рідко в закладах професійної освітли застосовують фізичні макети чи стенди з обмеженою функціональністю, які є морально застарілі та не відповідають сьогоденню, що в свою чергу не дає можливості імітувати динамічні процеси (наприклад, зміну параметрів двигуна під навантаженням, або на максимальній потужності) чи багатофакторні несправності [20].

Зростає усвідомлення необхідності використання симуляційних технологій, про що свідчить поява спеціалізованих лабораторій, оснащених сучасними віртуальними осцилографами та сканерами, які імітують роботу обладнання Bosch чи TEXA. Це дозволяє студентам освоювати стандартизовані процедури діагностики.

Вітчизняні науковці (В. М. Сидоренко, Н. Г. Ничкало та ін.) активно досліджують методичні аспекти застосування симуляцій, наголошуючи на важливості педагогічного супроводу (дебрифінгу) та розробці якісних

сценаріїв для симуляторів, які б відображали специфіку українського автопарку (поєднання сучасних та застарілих моделей).

Аналіз міжнародного досвіду дає чіткі та практико-орієнтовані настанови для розробки ефективної моделі впровадження симуляційних технологій у професійну підготовку фахівців автотранспортної галузі. Практика провідних освітніх систем свідчить, що найбільш результативними є ті симулятори, які не обмежуються функцією демонстрації процесів, а створюють умови для активної взаємодії студента з навчальним середовищем. У таких цифрових тренажерах здобувач освіти може самостійно проводити діагностику, виявляти несправності, обирати інструменти, ухвалювати технічні рішення та виконувати повний цикл ремонтних операцій. Це сприяє формуванню реальних компетентностей, а не механічному відтворенню алгоритмів.

Для закладів професійної освіти надзвичайно перспективним є впровадження AR-додатків, які забезпечують можливість накладення віртуальних моделей та інструкцій на реальні об’єкти. Наприклад, при ремонті сільськогосподарської чи автотранспортної техніки AR-технології дозволяють студенту одночасно бачити деталі реального вузла та цифрові підказки щодо його конструкції, послідовності розбирання чи стандартів технічного обслуговування. Це робить навчання більш наочним і безпечним, адже складні операції можна відпрацьовувати під віртуальним контролем. Разом із тим VR-рішення є оптимальними для моделювання ситуацій, які неможливо або небезпечно відтворити у звичайних навчальних умовах: робота з вузлами підвищеної складності, тренування дій у разі аварійних відмов, відпрацювання алгоритмів поведінки в екстремальних умовах експлуатації техніки. Таким чином, поєднання AR та VR технологій дозволяє створити комплексну систему симуляційного навчання, що повністю охоплює як базові, так і високоризикові професійні сценарії. Узагальнюючи, зарубіжний досвід демонструє, що симуляційні технології є не доповненням, а ключовим елементом професійної освіти, який забезпечує перехід від теоретичних знань

до практичних компетентностей. Вітчизняна практика підтверджує доцільність такого підходу, акцентуючи на необхідності якісного методичного наповнення [21].

2 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИМУЛЯЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОФІЛЮ

2.1 Аналіз освітніх програм підготовки фахівців автотранспортного профілю

Сучасна підготовка фахівців автотранспортної галузі в Україні відбувається під значним впливом глобальних технологічних трендів. Сучасний автомобіль це складна система, у які поєднані механічні, електронні, гідравлічні, пневматичні та інші системи, які мають власне програмне забезпечення. Через це техніки та механіки мають володіти новими, більш складними навичками [22].

Одним із головних викликів є експоненційне зростання обсягу діагностичної інформації. Якщо раніше механік покладався переважно на фізичний огляд та прості виміри, то сьогодні ключові проблеми (наприклад, у системах впорскування Common Rail, блоках ABS/ESP чи гібридних силових установках) локалізуються через аналіз даних, що генеруються електронними блоками управління (ЕБУ).

Це вимагає від випускника закладу професійної освіти переходу від інтуїтивно-ремонтного мислення до системного, діагностування за алгоритмом. Навчальні заклади повинні забезпечити умови, де студент зможе багаторазово відпрацювати навички роботи з віртуальними протоколами передачі даних (CAN, LIN) та інтерпретації десятків параметрів у режимі реального часу. Якщо цей навик не сформовано, випускник матиме значні труднощі при роботі з актуальним парком автомобілів, особливо в умовах обмеженого часу ремонту на виробничих підприємствах.

Таким чином, компетентнісний підхід у контексті автотранспорту повинен бути не просто задекларований, а технологічно забезпечений інструментами, які дозволяють моделювати високий ступінь невизначеності та складності професійних завдань, що є типовим для сучасних СТО.

Успішна інтеграція симуляційних технологій вимагає не просто механічного впровадження нового обладнання, а ретельного узгодження їхнього дидактичного потенціалу з вимогами освітніх стандартів та реальним профілем діяльності фахівця. Цей підрозділ присвячено деталізації професійних компетентностей, визначенню їхніх дефіцитів при традиційному навчанні та аналізу відповідних освітніх компонентів (таб. 2.1) [23].

Таблиця 2.1 – Відповідність навичок ключовим компетенціям

Компетентність	Елементарні навички	Дефіцит при традиційному навчанні
ПК-1: Діагностична	1.1 Читання електронних схем 1.2 Використання діагностичних сканерів 1.3 Локалізація плаваючих (періодичних) несправностей 1.4 Аналіз даних осцилограми	Складність імітації широкого спектра несправностей; неможливість багаторазового відпрацювання роботи з дорогим професійним обладнанням.
ПК-2: Ремонтно-технічна	2.1 Демонтаж/монтаж складних агрегатів 2.2 Дотримання технологічної послідовності ремонту 2.3 Регулювання та налаштування вузлів 2.4 Безпечне поводження з інструментом	Ризик пошкодження реальних агрегатів; висока вартість витратних матеріалів; недостатній час для тренування складних ручних операцій.
ОК: Прийняття рішень	3.1 Оцінка ризиків 3.2 Вибір оптимального рішення в обмеженому часі	Відсутність стресових або критичних умов у навчальній майстерні; умовність наслідків помилкових рішень.

Як було визначено у вище, ключовими для фахівця автотранспортної галузі є діагностична професійна компетентність та ремонтно-технічна професійна компетентність. Для цілей дослідження необхідно провести їхню

декомпозицію (розкладання на елементарні навички), щоб чітко визначити, які саме елементи можуть бути сформовані за допомогою симуляцій.

Розбір ситуації чітко показав, що звичні методи навчання, які зазвичай використовуються є морально застарілими та не забезпечують якісну підготовкою фахівців. Головна проблема в тому, що на стендах не можливо показати студентам різного виду поломки, їх діапазон дуже обмежений. До того ж, неможливо дозволити їм багаторазово тренуватися на дорогому обладнанні. І нарешті, звичайні заняття не створюють тих складних, напружених умов, які є нормою на справжньому виробництві. Саме тому виникла пряма і гостра потреба впроваджувати симуляційні технології, які єдині здатні закрити вказані прорахунки.

У Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжі підготовка фахівців автотранспортного профілю базується на стандарті професійної освіти. Фахова дисципліна «Технічне обслуговування та ремонт автомобілів» (ТОР) є найбільш доцільна для впровадження VR/AR-технологій та комп'ютерних симуляторів ремонту [24]. Тут симуляції можуть замінити або доповнити практичні заняття з розбирання та збирання вузлів, що потребують високої точності.

Дисципліна «Технічна діагностика автомобілів» може бути використана для використання віртуальних діагностичних стендів. Це дозволяє студентам освоїти інтерфейси професійного діагностичного обладнання (наприклад, Autocom, Bosch ESI Tronic) та навчитися працювати з електронними схемами без ризику виведення з ладу реальних систем автомобіля.

В дисципліні «Основи керування автомобілем» ключовим є використання автомобільних тренажерів (симуляторів водіння) для формування навичок безпечного та економічного керування в умовах, які неможливо відтворити на полігоні (ожеледиця, туман, відмова гальм).

В освітній програмі необхідно чітко перерозподілити години з традиційної лабораторної роботи на симуляційні тренінги. Наприклад, замість 30% часу на теоретичне вивчення діагностики та 70% на роботу з фізичними

стендами, можливо запровадитимодель яка буде складати 20% теорії, 50% симуляційного тренінгу, який буде формувати основні навичоки та 30% фінальної практики, що дозволить закріпити навички на реальному об’єкті.

На основі аналізу навчальних програм можна сформулювати вимоги до симуляційних засобів (таб. 2.2).

Таблиця 2.2 – Обґрунтування вимог до симуляційних технологій [25]

Вимоги до симуляційних технологій	Педагогічне обґрунтування
Висока функціональна достовірність	Максимальна відповідність поведінки віртуального вузла реальному (особливо в електричних параметрах).
Можливість моделювання несправностей	Необхідність імітації не менше 50-70 різних сценаріїв дефектів у кожній системі (електрика, двигун, трансмісія).
Наявність системи оцінювання	Автоматична фіксація послідовності дій, часу виконання та кількості помилок студента для об’єктивного контролю (ключовий елемент симуляційних технологій).
Ергономічна відповідність	Інтерфейс симулятора повинен бути ідентичний інтерфейсу реального професійного обладнання (наприклад, копіювати вигляд сканера).

Отже, щоб симуляційні технології були справді ефективними, їх необхідно цілеспрямовано орієнтувати на ті прорахунки й проблемні аспекти підготовки, які складно або практично неможливо повноцінно подолати за допомогою традиційних методів навчання. Йдеться насамперед про ті елементи професійної діяльності, де вирішальне значення мають практичний досвід, аналітичне мислення та здатність швидко приймати обґрунтовані рішення в умовах, наближених до реальних виробничих ситуацій.

Успіх упровадження симуляційних технологій значною мірою залежатиме від того, наскільки точно й методично виважено вони сприятимуть усуненню конкретних недоліків у професійних уміннях здобувачів освіти, зокрема у здатності правильно виявляти несправності (діагностика) та ефективно, якісно й безпечно їх усувати (ремонт).

2.2 Обгрунтування вибору симуляційних засобів, для використання у освітньому процесі закладу професійної освіти

Ефективність симуляційного навчання визначається не лише якістю методики, але й доцільністю вибору конкретного технологічного засобу. У контексті підготовки фахівців автотранспортної галузі, де потрібно відтворити і тонку електронну діагностику, і складну механічну роботу, не існує єдиного універсального симулятора. Заклад професійної освіти, такий як Ізмаїльський агротехнічний фаховий коледж, має підходити до вибору засобів диференційовано. Тобто застсовувати відповідні засоби з урахуванням технічних можливостей, специфіки навчальних дисциплін та не копіювати шаблонно у інших закладх освіти.

Це означає, що завдання, яке має вирішити студент, диктує тип необхідної технології. Наприклад, для формування навичок системного мислення (аналіз даних сканера, прийняття діагностичних рішень) оптимальним буде використання віртуальних комп’ютерних тренажерів, які здатні моделювати десятки прихованих несправностей без фізичного ризику. Натомість, для відпрацювання психомоторних навичок та дотримання технологічної послідовності при розбиранні/збиранні складного вузла (наприклад, коробки передач), незамінними стають VR-седовища [26, 27].

Таким чином, у цьому підрозділі ми розглядаємо симуляційних технологій не як взаємозамінні інструменти, а як ієрархічний комплекс, що забезпечує покриття всього спектра професійних завдань, від аналізу схем до ювелірної роботи з динамометричним ключем. Раціональний вибір і поєднання цих засобів є запорукою економічної ефективності інвестицій та якісного результату навчання.

Вибір конкретного симуляційного засобу має бути тісно пов’язаний із метою навчання (набуття психомоторних навичок, діагностика, прийняття рішень) та фінансовими можливостями закладу. У контексті підготовки

фахівців автотранспортної галузі в Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжі доцільно інтегрувати три основні групи засобів, які покривають більшість необхідних професійних компетенцій.

Категорія віртуальних тринажерів (комп’ютерних симуляторів) є найбільш доступною та універсальною і орієнтована на формування діагностичної компетентності (ПК-1) та навичок роботи з програмним забезпеченням. Це програмні продукти, що імітують інтерфейс та функціональність реальних діагностичних приладів (сканерів, осцилографів, мультиметрів) та поведінку електричних та механічних систем автомобіля [23].

Приклади технологій, що застосовуються:

– професійні онлайн-платформи (наприклад, Electude або CDX Automotive) як цифрові навчальні лабораторії. Вони дозволяють студенту віртуально взяти сканер і під'єднатися до моделі автомобіля. За його допомогою можливо проаналізувати коди помилок, перевірити працездатність двигуна у режимі реального часу провести повну діагностику не торкаючись агрегату;

– програми для моделювання електричних схем (симулятори) надають можливість студентам не лише відтворювати готові електричні схеми, а й самостійно проєктувати електричну мережу автомобіля з урахуванням її структури, взаємозв’язків між елементами та принципів роботи окремих систем. Важливою функцією таких симуляторів є штучне створення різноманітних несправностей, зокрема обривів електричного кола, коротких замикань, перевантажень, неправильного підключення елементів або відмови окремих датчиків і виконавчих механізмів.

У процесі роботи з симуляційним програмним забезпеченням здобувачі освіти мають змогу спостерігати, як змодельовані несправності впливають на функціонування конкретних систем автомобіля, аналізувати зміну параметрів напруги та струму, а також простежувати логіку поширення проблеми по всій електричній мережі. Такий підхід сприяє розвитку

аналітичного мислення, формуванню навичок причинно-наслідкового аналізу та здатності швидко локалізувати джерело несправності (рис. 2.1). Саме використання симуляторів електричних схем є одним із найбільш доцільних і ефективних способів підготовки майбутніх фахівців до оперативного, точного та якісного визначення проблем в електропроводці автомобіля без ризику пошкодження реального обладнання.

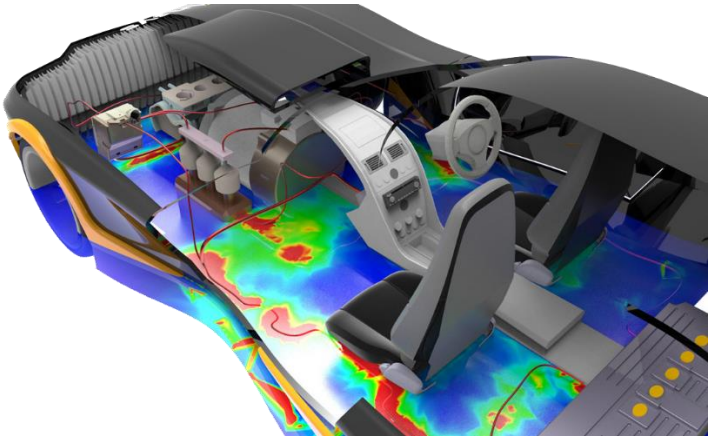

Рисунок 2.1 – Діагностика автомобіля за допомогою прикладних програм (SolidWorks, Autodesk Inventor) [29]

Симуляційні технології мають велику педагогічну силу. Вони дозволяють викладачу легко створювати штучні або приховані поломки, які на реальному обладнанні відтворити неможливо. Симуляційні технології змушують студента розвивати логічне мислення, вчитися правильній послідовності дій і головне розуміти діагностичні данні. Також симулятори фізичних процесів та 3D-моделей це окремий та важливий напрямок. Їхня цінність у тому, що вони наочно показують складні процеси, які зазвичай приховані від ока. Тривимірні анімовані моделі двигуна, коробки перемикання передач та інших агрегатів демонструють їх роботу в динаміці. Завдяки цим моделям студент може детально вивчити конструкцію вузлів та зрозуміти принцип та порядок їх роботи у різних умовах експлуатації [29].

Використовуються інструменти для роботи з тривимірними моделями та спеціальні тренажери для водіння. Зокрема, програмне забезпечення таке як Autodesk Inventor чи SolidWorks застосовуються для того, щоб студенти могли вивчити та дослідити конструкцію будь-якого агрегату та вузла (рис. 2.2). Вказане програмне забезпечення надає змогу розглянути двигун у розрізі, подивитися, його процес роботи зсередини. Також можливо побачити приховані динамічні процеси такі як упорскування палива, рух клапанів чи поршнів. Це допомагає не просто запам'ятати назви деталей, а зрозуміти принцип їх роботи та призначення.

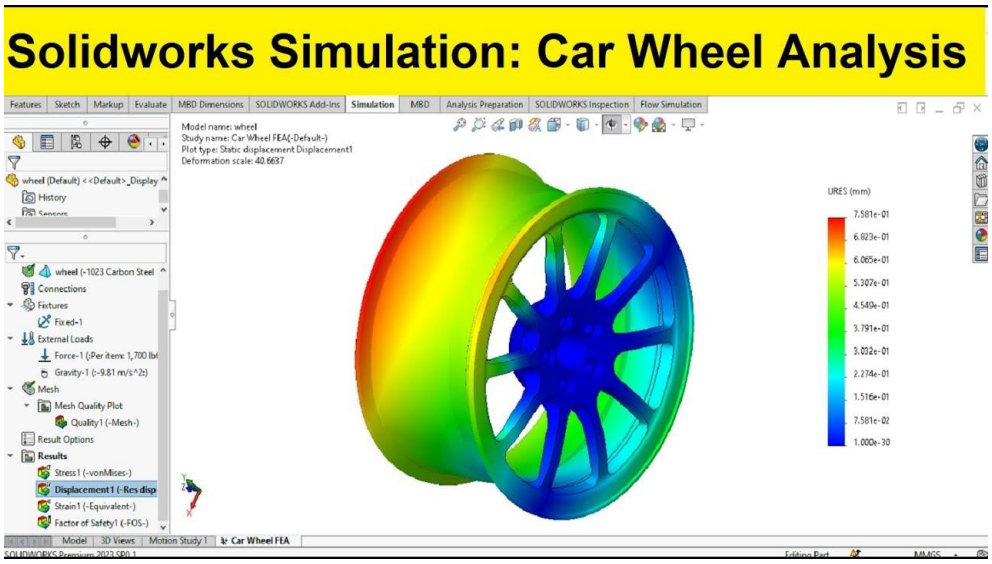

Рисунок 2.2 – Дослідження навантаження на колесо в SolidWorks [29]

Окремо слід зазначити автомобільні тренажери водіння (як стаціонарні, так і динамічні). Повноцінно імітована кабіна автомобіля, де студенти відпрацьовують навички керування. Вказані тренажери безцінні для формування психомоторних навичок спрямовані на розвиток вміння реагування в екстремальних ситуаціях, при заносі чи ожеледиці, аквапланування або навіть при раптовій відмові систем керування.

Вказане програмне забезпечення підвищує наочність та забезпечує розуміння кінематики та динаміки процесів, що є критично важливим для якісного ремонту та обслуговування. Тренажери водіння ефективно формують навички антикризового реагування (частина ПК-3).

Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR-середовища) забезпечують найвищий ступінь імерсивності та ідеально підходять для формування ремонтно-технічної компетентності (ПК-2) (рис. 2.3).

Рисунок 2.3 – Застосування пристроїв віртуальної реальності [31]

Під час використання VR (віртуальна реальність), студент повністю занурюється у віртуальну майстерню, де може взаємодіяти з віртуальними інструментами та агрегатами, відпрацьовуючи складні ручні операції (наприклад, заміна газорозподільного механізму чи проведенню ремонту автоматичної коробки перемикання передач) [32].

При використанні AR (доповнена реальність), інформація яка включає в себе інструкції, 3D-схеми, та інші дані діагностики накладається на реальний об’єкт (наприклад, реальний двигун у лабораторії) через AR-окуляри або планшет. Спеціалізовані VR-програми такі як VR Mechanic або VR Auto Assembly дозволяють відпрацювати технологічну послідовність ремонту. Система фіксує, чи був використаний правильний ключ, чи затягнуті болти з

потрібним моментом (Nm), що майже неможливо контролювати при традиційному навчанні [33].

Під час використання AR-інструкції для діагностики викладач створює AR-шар, який при наведенні планшета на діагностичний роз'єм автомобіля відображає, який контакт за що відповідає, або показує, як має виглядати правильно підключений осцилограф [35].

Таблиця 2.3 – Обрані види симуляційних технологій [36]

Вид симуляційних технологій	Ключова компетентність	Прикладна функція
Комп'ютерні тренажери (К-С)	Діагностична (ПК-1)	Навчання алгоритмам пошуку несправностей, читання кодів
Тренажери водіння	Експлуатаційна (ПК-3)	Формування навичок безпечного та економічного керування
VR-симулятори	Ремонтно-технічна (ПК-2)	Відпрацювання технологічної послідовності та точності ручних операцій
AR-середовища	Комплексна (ПК-1, ПК-2)	Накладання цифрової інформації на реальне робоче місце (підказки, схеми)

Системне використання цих трьох груп симуляційних засобів дозволить закладам професійної освіти створити багатофункціональне навчальне середовище, яке усуває дефіцити традиційної освіти та забезпечує формування високотехнологічних hard skills у фахівців автотранспортної галузі.

Обґрунтування вибору конкретних симуляційних технологій для підготовки фахівців автотранспортної галузі базується на необхідності подолання розриву між теоретичними знаннями та реальною виробничою практикою. Традиційні методи навчання часто не дозволяють студентам безпечно та багаторазово відпрацьовувати складні алгоритми діагностики сучасних електронних систем автомобіля. Вибір симуляційних засобів, таких як VR-тренажери та спеціалізоване ПЗ (зокрема Electude), зумовлений їхньою здатністю створювати імерсивне навчальне середовище, де кожна помилка студента стає об'єктом аналізу, а не причиною поломки дорогого обладнання.

Важливим критерієм вибору є рівень реалістичності симуляції, що визначає ступінь занурення майбутнього техніка в робочий процес.

Симуляційні технології дозволяють візуалізувати приховані процеси, як-от проходження електричного сигналу в ланцюгах керування двигуном або гідравлічні потоки в гальмівній системі. Це забезпечує формування когнітивної моделі роботи автомобіля, що є критично важливим для розвитку діагностичного мислення. Структура взаємодії студента з віртуальним середовищем у процесі навчання представлена на рисунку 2.4.

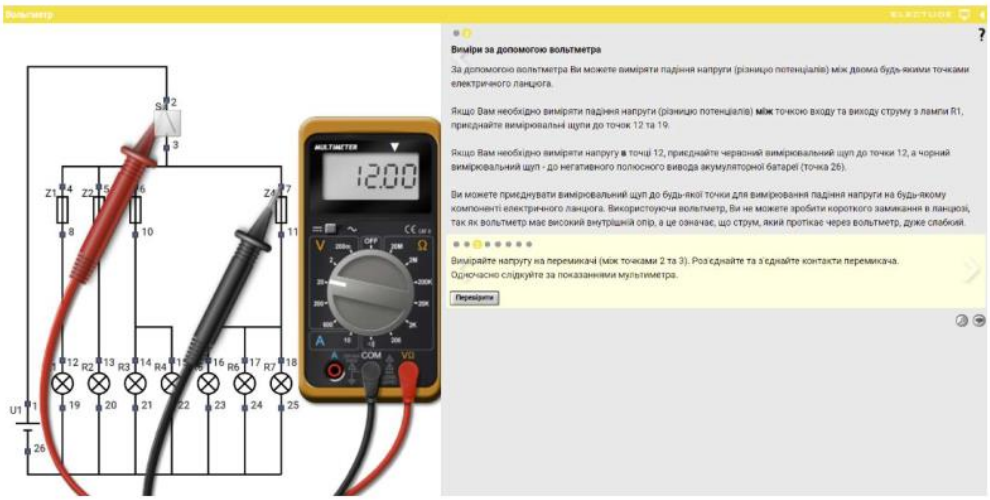

Рисунок 2.4 – Структурно-функціональна схема взаємодії студента з симуляційним середовищем

Особливу роль у виборі відіграє можливість імітації несправностей, які рідко зустрічаються в реальних умовах, але потребують чіткого алгоритму дій. Використання хмарних симуляційних платформ дозволяє реалізувати індивідуальну траєкторію навчання, де викладач може дистанційно контролювати прогрес кожного студента. Такий підхід забезпечує високу інтенсивність занять, оскільки студенти не чекають своєї черги до фізичного стенда, а працюють паралельно у власних віртуальних лабораторіях.

Досить часто симуляційні технології здатні організувати автономну роботу студента з програмними засобами та віртуальними об’єктами, що допомагають детально вивчати складні конструктивні елементи автомобілів без необхідності безпосереднього доступу до фізичних вузлів та агрегатів.

Такий підхід дозволяє здобувачу освіти багаторазово використовувати цифрові діагностичні засоби для перевірки працездатності автомобілів, відпрацьовуючи навички пошуку несправностей у безпечному інтерактивному середовищі. Це особливо важливо для розуміння процесів, які приховані від зору під час звичайної експлуатації техніки, наприклад, роботи електронних систем керування двигуном або гідравлічних циклів гальмівної системи.

Не рідко студент, знаходячись поза межами спеціалізованих лабораторій або майстерень закладу професійної освіти, не має технічної можливості виконати практичне завдання чи належним чином підготуватись до безпосереднього виконання робіт на реальній техніці. Відсутність цілодобового доступу до дорогого гаражного обладнання та автомобілів-стендів суттєво обмежує час на практичну самопідготовку, що призводить до зниження якості професійних навичок. У таких умовах виникає стійкий дефіцит часу на відпрацювання алгоритмів дій, що негативно впливає на впевненість студента під час майбутньої роботи в реальних виробничих умовах.

Це створює помітний технологічний та методичний бар’єр між реальним змістом освітнього процесу та сучасними симуляційними засобами супроводу, які вже давно стали стандартом підготовки фахівців у світовій автотранспортній галузі. Подолання цього бар’єру вимагає впровадження хмарно-орієнтованих платформ та віртуальних симуляторів, які забезпечують безперервність навчання незалежно від локації студента. Інтеграція таких інструментів дозволяє трансформувати пасивне вивчення теоретичного матеріалу в активний процес професійного тренінгу, де кожна дія студента супроводжується миттєвим зворотним зв’язком системи.

Застосування симуляційних середовищ також вирішує проблему безпеки, оскільки студент може припускатися помилок при підключенні діагностичного обладнання без ризику виходу з ладу дорогої електроніки автомобіля (рис. 2.5). Таким чином, симуляційні технології стають сполучною

ланкою, що дозволяє перенести значну частину практичного досвіду у цифровий формат, зберігаючи при цьому високий рівень реалізму та професійної достовірності. Це забезпечує плавний перехід від віртуальних вправ до успішного виконання складних операцій з технічного обслуговування автомобілів у реальних умовах майстерень.

Рисунок 2.5 – Приклад застосування практичного симулятора ELECTUDE у освітньому процесі.

При виборі технологій також враховувалася економічна доцільність та технічна доступність. Впровадження VR-окулярів та інтерактивних модулів дозволяє суттєво зекономити на паливно-мастильних матеріалах та запчастинах, які витрачаються під час навчання. Порівняльна характеристика традиційного та симуляційного навчання за параметрами ефективності та безпеки наочно зображена на рисунку 2.6.

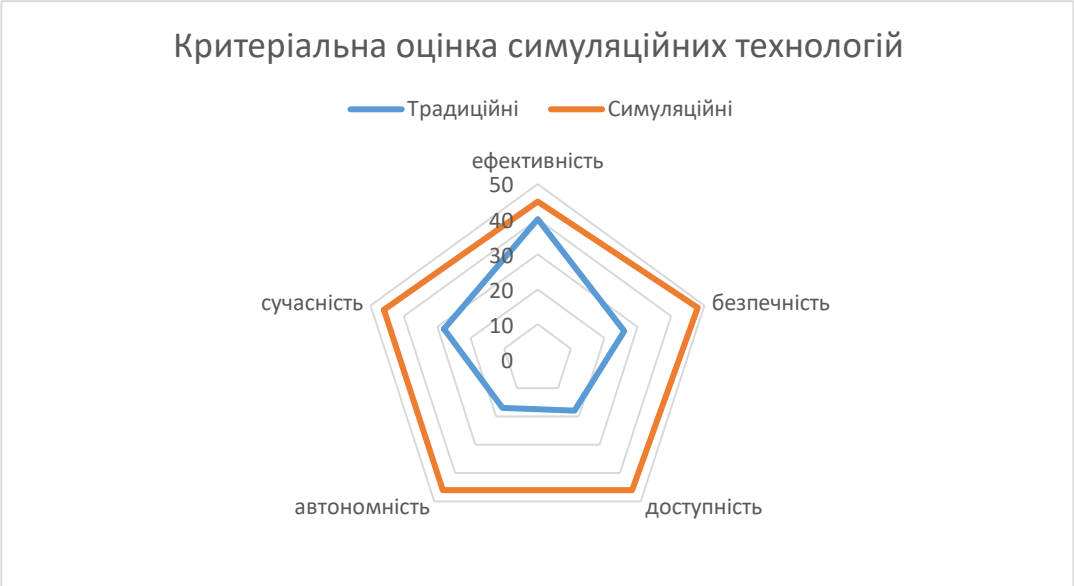

Рисунок 2.6 – Порівняльна діаграма ефективності засвоєння навичок при використанні симуляцій

Для об’єктивної оцінки результативності впровадження симуляційних технологій у процес підготовки майбутніх фахівців автотранспортної галузі нами було розроблено та застосовано комплексну систему критеріального аналізу. Даний аналіз дозволяє диференціювати вплив цифрових інструментів на якість навчання, спираючись на п’ять ключових критеріїв, що відображають вимоги сучасної професійної освіти та специфіку роботи з високотехнологічним обладнанням автомобілів.

Першим фундаментальним критерієм виступає сучасність, яка визначає відповідність обраних симуляційних засобів актуальному стану розвитку автомобільної індустрії та IT-сектора. У межах цього критерію ми аналізуємо актуальність віртуальних моделей автомобілів, інтеграцію сучасних протоколів діагностики та використання передових графічних інтерфейсів (VR/AR). Сучасність технологій забезпечує формування у студентів знань, які будуть затребувані на ринку праці завтра, мінімізуючи розрив між академічною освітою та реальними запитами інноваційних СТО.

Критерій ефективності є центральним показником результативності навчання, що вимірюється через прискорення темпів оволодіння практичними навичками та якість виконання професійних операцій. Аналіз за цим критерієм

передбачає порівняння часу, витраченого на пошук несправності у віртуальному середовищі, та кількості помилкових дій порівняно з традиційними методами навчання. Використання інтерактивних симуляторів дозволяє досягти вищих результатів завдяки інтенсифікації тренінгів та можливості миттєвої перевірки гіпотез студентом.

Безпечність навчання виступає критично важливим критерієм, особливо при вивченні складних електронних систем та гібридних установок автомобілів. Симуляційні технології забезпечують безризикове середовище, де студент може помилятися без загрози власному здоров'ю чи ризику виходу з ладу дорогого обладнання автомобіля. Критеріальний аналіз підтверджує, що саме віртуальна симуляція створює психологічний комфорт для учня, дозволяючи йому впевнено експериментувати з налаштуваннями систем, що є неможливим у реальних умовах через високу вартість помилки.

Критерій доступності характеризує можливість залучення до навчального процесу широкого кола здобувачів освіти незалежно від їхнього місцеперебування чи наявності специфічного матеріально-технічного забезпечення в конкретній аудиторії. Хмарні симуляційні платформи роблять навчання інклюзивним та демократичним, надаючи доступ до унікальних діагностичних стендів через звичайний персональний комп'ютер або планшет. Це дозволяє нівелювати нерівність у забезпеченні закладів освіти дорогим обладнанням та забезпечити кожному студенту рівні умови для розвитку майстерності.

Нарешті, критерій автономності відображає здатність симуляційних технологій підтримувати самостійну освітню діяльність студента без постійного нагляду викладача. Завдяки вбудованим алгоритмам автоматичної перевірки завдань та інтерактивним підказкам, здобувач може самостійно регулювати темп навчання, повертатися до складних тем та проводити самодіагностику знань. Це формує навичку самоосвіти, що є критично важливою для фахівця автотранспорту в умовах постійного оновлення технологій виробництва автомобілів.

Таким чином, проведений критеріальний аналіз за показниками сучасності, ефективності, безпечності, доступності та автономності дозволяє стверджувати, що симуляційні технології є оптимальним інструментом для підготовки кваліфікованих робітників, здатних до продуктивної діяльності у цифровому середовищі сучасного автосервісу.Підсумовуючи, вибір симуляційних технологій у нашій роботі є стратегічним кроком, що спрямований на інтеграцію сучасних ІТ-рішень у технічну освіту. Це не просто заміна реального заліза віртуальним, а створення нової дидактичної системи, де акцент зміщується з пасивного спостереження на активне маніпулювання об’єктами та критичне мислення. Таким чином, обрані інструменти (Electude, VR-системи) забезпечують максимальну відповідність результатів навчання вимогам сучасного високотехнологічного ринку праці автотранспортної галузі.

2.3 Методика використання симуляційних технологій при вивченні фахових дисциплін

Успіх інтеграції симуляційних технологій визначається не наявністю обладнання, а чіткою, науково обґрунтованою методикою його використання. В умовах закладів професійної освіти, де час обмежений, а завдання високі, методичні настанови мають бути практичними та циклічними. Методика поєднує технологічний потенціал симуляторів з реальними навчальними цілями.

Традиційні підходи часто зводять лабораторну роботу до лінійного виконання інструкції («зроби крок 1, крок 2...»). Натомість, впровадження симуляційних технологій вимагає переходу до проблемно-орієнтованого навчання та ітераційного циклу, де студент сам обирає алгоритм дій, робить помилки та, найголовніше, аналізує їхні наслідки у безпечному середовищі.

Розроблена методика систематизує цей процес, поділяючи його на логічні фази: від системного планування ресурсів до аналітичного представлення результатів, забезпечуючи трансформацію симуляційного досвіду в стійку професійну компетентність.

Методика впровадження симуляційних технологій є системою послідовних, логічно взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення максимальної ефективності формування професійних компетентностей. Для фахівців автотранспортної галузі ця методика має бути практико-орієнтованою та циклічною [34].

Впровадження симуляційних технологій у освітній процес коледжу пропонується здійснити у три основні етапи, кожна з яких включає конкретні рекомендовані кроки [36].

Першим етапом є підготовчо-організаційний, який передбачає системне планування впровадження симуляційних технологій у навчальний процес. Ця фаза є фундаментальною, оскільки саме на ній закладаються умови для подальшої ефективної реалізації проєкту. Насамперед здійснюється аналіз потреб закладу професійної освіти, визначаються компетентності, які мають формуватися за допомогою симуляторів, а також окреслюється перелік технічних засобів і програмних рішень, необхідних для досягнення поставлених цілей. Важливим завданням на цьому етапі є оцінка матеріально-технічної бази, зокрема готовності комп'ютерних класів, наявності сучасних пристроїв (VR-окуляри, контролери, AR-набір, потужні робочі станції) та можливостей їхнього подальшого оновлення.

Також у межах підготовчо-організаційного етапу здійснюється адаптація навчальних програм. Викладачі спільно з методистами визначають, які теми потребують доповнення симуляційними практикумами, розробляють нові модулі або коригують вже існуючі. Особливе значення має створення методичних рекомендацій щодо застосування симуляторів під час занять, розподіл часу на теоретичні та практичні елементи, а також інтеграція цифрових інструментів у систему оцінювання навчальних досягнень. На

цьому ж етапі варто передбачити навчання педагогічних працівників роботі з новими технологіями, адже успішність їхнього впровадження значною мірою залежить від професійної готовності викладачів.

Крім того, підготовчо-організаційна фаза включає розробку графіка впровадження, визначення відповідальних осіб, розрахунок бюджетних витрат і пошук можливих партнерів — виробників симуляційних систем, IT-компаній, місцевих підприємств автотранспортної галузі. Таким чином цей етап формує цілісне організаційне та методичне підґрунтя, необхідне для подальшого успішного впровадження симуляційних технологій у навчальний процес

Таблиця 2.4 – Підготовчо-організаційний етап [37]

Крок	Дія	Обґрунтування для коледжу
1.1 Аудит і ресурсне забезпечення	Проведення аналізу наявної матеріально-технічної бази та закупівля/розробка необхідного мінімуму симуляційних технологій (наприклад, ліцензії на віртуальні діагностичні тренажери)	Забезпечення функціональної достовірності навчання та усунення технологічного відставання
1.2 Розробка сценаріїв	Створення банку проблемно-орієнтованих сценаріїв симуляції, узгоджених з тематикою фахових дисциплін (ТОР, Діагностика). Кожен сценарій має містити чітку мету, опис несправності та критерії оцінювання	Гарантування цілеспрямованості навчання, фокус на формуванні конкретних навичок (ПК-1, ПК-2)
1.3 Методична адаптація	Внесення змін до робочих навчальних програм, перерозподіл годин на користь симуляційних тренінгів та розробка методичних вказівок для викладачів	Забезпечення системності та легітимності використання симуляційних технологій у освітньому процесі
1.4 Підготовка викладачів	Навчання викладачів роботі з програмним забезпеченням СТ, а також методиці проведення дебрифінгу (аналізу результатів симуляції)	Забезпечення якості педагогічного супроводу, оскільки лише технологія не гарантує результату

На другому етапі - впроваджувально-технологічному (проведення симуляцій) здійснюється безпеосереднє впровадження у освітній процес запропонованих рішень та алгоритмів діяльності симуляційних технологій. Цей етап охоплює безпосередній освітній процес, який реалізується за циклічною моделлю [38].

Таблиця 2.5 – Впроваджувально-технологічний етап

Крок	Дія	Обґрунтування для коледжу
2.1 Вступний інструктаж	Ознайомлення студентів із цілями, правилами безпеки (навіть віртуальної) та функціоналом симулятора. Представлення сценарію (наприклад, «Клієнт скаржиться на миготіння лампи ESP»).	Створення навчальної мотивації та чітке визначення очікуваного результату.
2.2 Імерсивна діяльність	Студент самостійно працює в симуляційному середовищі (діагностує, ремонтує, керує). Викладач виконує роль координатора та не втручається у процес.	Формування самостійності та навичок прийняття рішень в умовах, наближених до реальних.
2.3 Зворотний зв’язок у процесі	Симулятор автоматично надає негайний відгук про помилкові або небезпечні дії (наприклад, «Неправильно підключили мультиметр», «Момент затягування не відповідає нормі").»	Забезпечення корекції в реальному часі та уникнення закріплення помилкових дій.
2.4 Запис та фіксація результатів	Система автоматично фіксує всі параметри роботи студента: час, послідовність дій, кількість спроб, фінальне рішення.	Забезпечення об’єктивної та стандартизованої оцінки навчальних досягнень.

На треьому етапі аналітично-корекційному (дебрифінг та оцінка) здійснюється аналіз результатів впровадження симуляційних технологій та формуються висновки, щодо корекції змісту освітніх програм, впровадження додаткових технорлогій або створення додаткоих занять, що допоможуть ефективно опанувати ці технології здобувачу освіти під час навчання. Цей етап є найважливішою для перетворення досвіду на знання і запобігання помилкам у майбутньому.

Застосування цієї методики в закладах професійної освіти забезпечить поєднання між потужністю сучасних технологій та компетентнісним підходом, що дозволить ефективно формувати фахівців, готових до роботи з високотехнологічним автотранспортом.

Загальновизнаним є факт, що людський мозок найкраще засвоює інформацію та формує навички через активну діяльність та власний досвід. Симуляційні технології є потужним інструментом, що реалізує саме цей принцип навчання через дію (Learning by Doing). На відміну від пасивного слухання лекцій або спостереження за діями викладача, симуляційні

технології надають студенту безпечну платформу для експериментів, дозволяючи багаторазово відпрацьовувати професійні дії, аналізувати помилки та вдосконалювати практичні вміння без ризику для обладнання, власної безпеки чи реального виробничого процесу.

Таблиця 2.6 – Аналітично-корекційний етап

Крок	Дія	Обґрунтування для коледжу
2.1 Дебрифінг (Післяаналіз)	Викладач проводить структурований аналіз записаних результатів симуляції. Обговорюються не лише помилки, але й причини їхнього виникнення та альтернативні шляхи вирішення проблеми.	Переведення практичного досвіду на теоретичний рівень та розвиток критичного мислення.
2.2.Корекційна ітерація	Студентам, які не досягли успіху, надається можливість повторити завдання з новими вхідними умовами або більш складним/простим сценарієм.	Забезпечення багаторазовості тренування та досягнення необхідного рівня сформованості навички (майстерності).
2.3 Підсумкова оцінка	Результати симуляційних тренінгів інтегруються в загальну оцінку з фахової дисципліни.	Підвищення вагомості практичних компетентностей у загальному рейтингу студента.

Ключова педагогічна перевага полягає у зниженні психологічного бар’єру перед помилкою. Студент знає, що його помилкове рішення (наприклад, неправильний момент затягування болта або несвоєчасна діагностика) у віртуальному світі не призведе до реальної фінансової шкоди чи травми. Це стимулює сміливість у прийнятті рішень та готовність досліджувати складні, нетипові ситуації. Більше того, симуляційних технологій забезпечують миттєвий, об’єктивний та неемоційний зворотний зв’язок, що є критичним для самокорекції.

У підсумку, симуляційних технологій не лише передають технічні навички, а й розвивають важливі м’які навички (Soft Skills) такі як стресостійкість, що зумовлює здатність до швидкого аналізу та критичне мислення. Саме ці якості є найбільш затребуваними на сучасному ринку праці.

Впровадження симуляційних технологій кардинально трансформує традиційну функцію викладача. Від транслятора знань викладач перетворюється на архітектора навчального середовища, координатора та полегшення освітнього процесу. Його діяльність у симуляційному навчанні поділяється на три ключові взаємопов'язані ролі. Моделювання, супровід (фасилітація) та дебрифінг.

Перша роль – моделювання та сценарна розробка (архітектора). Ця роль охоплює підготовчий етап і є основою для забезпечення якості симуляції. Викладач виступає у ролі дизайнера навчальних завдань.

На відміну від стандартних лабораторних робіт, викладач створює багаторівневі сценарії несправностей, які вимагають від студента комплексного застосування знань. Наприклад, для діагностики несправності двигуна (ПК-1) він не просто задає несправність, а розробляє «історію клієнта», що містить суперечливі дані та вимагає відсіювання зайвої інформації.

Викладач здійснює точне налаштування віртуального середовища, вибираючи рівень складності (рівень функціональної достовірності) та контролюючи введення помилок у систему. Це забезпечує індивідуалізацію навчання залежно від рівня підготовки групи [39].

Для підвищення реалізму викладач моделює ситуації, використовуючи реальні дані та кейси з автотранспортних підприємств, роблячи навчання максимально контекстуальним.

Друга роль – супровід (фасилітатор), що грунтується на діяльнісних функціях здобувачів освіти. Під час безпосередньої роботи студентів із симулятором викладач змінює пасивний контроль на активну фасилітацію. Викладач створює умови для повного занурення студента в проблему, утримуючись від прямих підказок. Він дозволяє студенту робити помилки, оскільки саме помилка в безпечному середовищі є ключовим елементом навчання.

За допомогою вбудованих функцій симулятора викладач відстежує процес діяльності, а не лише кінцевий результат. Він фіксує, скільки часу витрачено на діагностику (швидкість прийняття рішень), чи порушена технологічна послідовність, чи правильно використані віртуальні інструменти. Викладач забезпечує ефективне використання дорогого симуляційного часу, контролюючи перехід між етапами симуляції та готовність студентів до наступної ітерації.

Натупна роль – дебрифінг та корекція (коучінг), що грунтується на наставницьких функціях та можливості внесення коректив під час роботи з сиуляційними засобами навчання. Ця функція є найважливішою і вирізняє ефективне симуляційне навчання від простого тренування. Дебрифінг - це структурований аналіз дій студента після завершення симуляції.

Таблиця 2.7 – Дебрифінг

Етап дебрифінгу	Дія викладача	Педагогічне значення
Опис (Reporting)	Просить студента описати свої дії та емоції: «Що ти робив? Що сталося?»	Встановлення фактичної картини процесу.
Аналіз (Analyzing)	Задає відкриті запитання, які стимулюють критичне мислення: «Чому ти обрав цей діагностичний метод? Які були альтернативи?»	Допомагає студенту виявити причинно-наслідкові зв’язки та прогалини в знаннях.
Узагальнення (Summarizing)	Підводить підсумки, пов’язуючи отриманий досвід з теоретичним матеріалом і стандартами галузі: «Яке правило ТО було порушено?»	Забезпечення трансферу знань з віртуального світу у реальну професійну практику.

Сучасна педагогіка, особливо у сфері технічної та професійної освіти, відходить від парадигми «викладання» (передачі інформації) до парадигми «навчання» (сприяння активному засвоєнню знань студентом). Це перетворення обумовлено швидким доступом до інформації та потребою у розвитку навичок вищого порядку (критичне мислення, вирішення проблем, командна робота), а не лише запам’ятовування фактів.

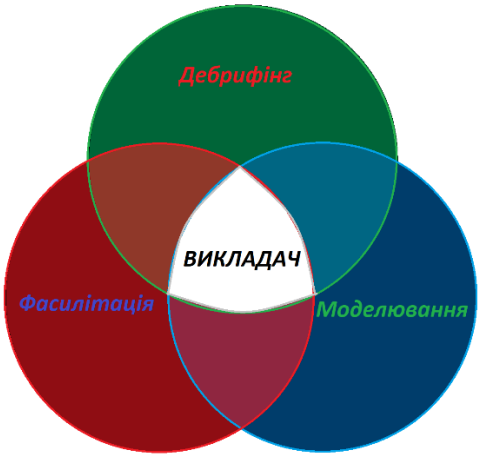

Рисунок 2.4 – Роль викладача у впровадженні симуляційних технологій

Сьогодні викладач виконує функцію навігатора у складному інформаційному полі та методиста-технолога. Його головне завдання полягає у створенні якісного навчального досвіду, де студент є активним суб'єктом. У контексті СТ, ця зміна стає найбільш вираженою: технологія бере на себе рутинну функцію демонстрації та первинної оцінки, звільняючи викладача для індивідуальної роботи зі студентами над аналізом помилок та рефлексією. Таким чином, якість навчання визначається не обсягом поданої інформації, а глибиною аналізу та осмислення отриманого симуляційного досвіду.

2.4 Апробація результатів дослідження та оцінка ефективності використання симуляційних технологій

Педагогічний експеримент є одним з основних способів перевірки наукової гіпотези на практиці. Його проведення потребує чіткого дотримання методологічних принципів, щоб результати були достовірними та об'єктивними. У нашому випадку експеримент дозволяє точно визначити, що саме впровадження симуляційних технологій, а не інші фактори, вплинуло на успішність студентських груп.

Формування Контрольної та Експериментальної груп здійснювалося таким чином, щоб на констатувальному етапі їхні вихідні показники успішності були статистично рівними. Це унеможливлює аргумент, що експерементальна група спочатку була сильнішою. Протягом формувального етапу обидві групи навчалися за ідентичною навчальною програмою та з однаковою кількістю годин. Єдиною змінною, або експериментальним фактором, була розроблена методика використання симуляційних технологій в експерементальній групі.

На контрольному етапі використовувалися стандартизовані завдання та, що особливо важливо, автоматичні звіти симулятора. Це мінімізує суб'єктивність оцінювання викладачем, оскільки система фіксує об'єктивні показники, такі як час виконання, кількість помилок та послідовність дій. Таким чином, організація експерименту була спрямована на створення умов, де різниця результатів може бути пояснена лише впливом досліджуваної методики.

Емпірична частина дослідження була спрямована на практичну перевірку висунутої гіпотези: чи здатні симуляційні технології якісно підвищити рівень професійних компетентностей фахівців автотранспортної галузі порівняно з традиційними методами. Для отримання доказових результатів було розроблено та реалізовано педагогічний експеримент за моделлю контрольних та експериментальних груп.

Експериментальні роботи проводилися на базі Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу протягом навчального періоду 2025 року. До вибірки були включені студенти третього курсу загальною кількістю 50 осіб здобувачів освіти автомобільного профілю, які вже мали базові знання з фахових дисциплін. Щоб забезпечити рівні стартові умови, групи формувалися так, щоб студенти мали схожий рівень успішності: навчання контрольної групи кількістю 25 осіб відбувалося за класичною, роками випробуваною методикою коледжу, яка передбачає лекції та практичні заняття на фізичних стендах та діючих макетах у навчальних майстернях.

Навчання експерементальної групи кількістю 25 осіб проводилося згідно з розробленою моделлю, де значна частина практичного часу замінювалася на цільові симуляційні тренінги. Констатувальний зріз було проведено на прикінці жовтня 2025 року для підтвердження, що групи стартують з однакових позицій.

Студентам було запропоновано виконати первинний тест-кейс на виявлення логіки пошуку несправностей у базовій електричній схемі автомобіля (оцінка сформованості Діагностичної компетентності – ПК-1). Було виявлено, що середній бал у контрольної групи склав 65,4 бали, а в експерементальної групи – 64,8 бали (за 100-бальною шкалою).

Обидві групи на початку мали типовий для третього курсу середній рівень компетентності, коли теоретичні знання вже є, але відсутній досвід швидкої, систематичної роботи з нетиповими дефектами.

Наприкінці експерименту було проведено повторний зріз за допомогою контрольного практичного кейса «Виявлення прихованої несправності в системі CAN-шини». Це завдання вимагало комплексного застосування ПК-1 та елементів ПК-2.

Інструментарій оцінки (на основі автоматичних звітів симуляційних технологій):

– за критерієм «Ефективність», час, який витрачений на коректне виявлення джерела проблеми;

– за критерєм «Операційна точність, встановлення кількості «зайвих» кроків або помилкових рішень (наприклад, необґрунтована заміна справної деталі).

Ключова фаза експерименту тривала протягом 3 місяців. Основна відмінність полягала у структурі практичних занять з дисциплін «Технічна діагностика автомобілів» та «ТО та ремонт»:

Таблиця 2.8 – Порівняння змісту навчань

Група	Зміст навчання (30% практичного часу)	Приклади інтеграції СТ
Контрольна група (Традиційна)	Робота на реальних, обмежених у функціоналі стендах. Студенти бачили лише типові, заздалегідь підготовлені викладачем несправності.	Стенди з обмеженою кількістю функціональних датчиків.
Експеременальна група	Замість роботи з фізичними стендами: 40-50% часу приділялося імерсійним симуляційним тренінгам. Студенти працювали індивідуально, вирішуючи багатофакторні сценарії.	Віртуальні стенди Electude: Діагностика 40+ унікальних, плаваючих несправностей двигуна. VR-тренажери: Відпрацювання технологічної послідовності розбирання/збирання вузлів з фіксацією моменту затягування (ПК-2).

Завершальний інтегральний бал, проведення загальної оцінки за 100-бальною шкалою, що відображає якість і швидкість прийняття рішень.

Розробимо завдання для Експериментальної Групи на основі структурно-функціональної моделі симуляційних технологій і призначені для перевірки здатності студентів комплексно застосовувати знання у віртуальному, але функціонально достовірному середовищі.

Кейс для ПК –1: Діагностика «плаваючої» несправності системи запалювання.

Мета – формування діагностичної компетентності (ПК-1), зокрема навичок логічного пошуку періодичних або теплових несправностей, які є найбільш складними для виявлення в реальній практиці СТО.

Симуляційне середовище – віртуальний діагностичний стенд (Electude або аналог), що імітує роботу двигуна об’ємом 1600 $см^3$ з електронним управлінням. Студент має доступ до віртуального сканера, мультиметра, осцилографа та інструментів для механічного контролю.

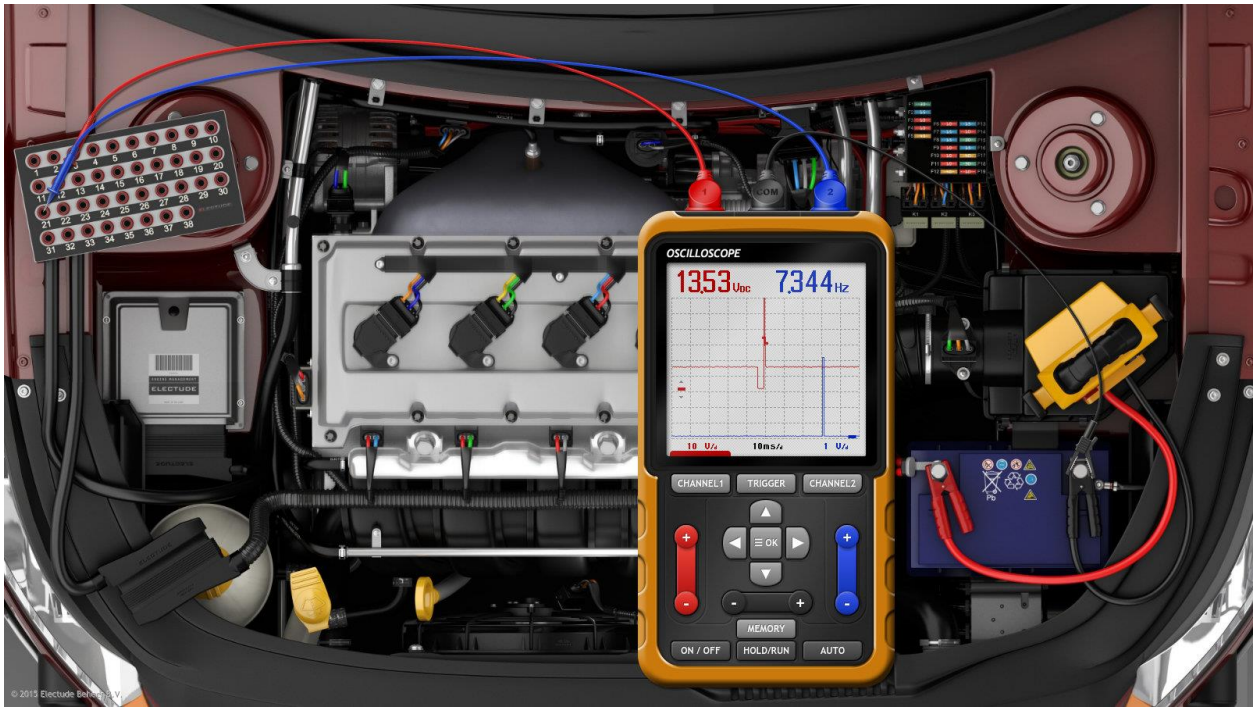

Рисунок 2.5 – Віртуальний діагностичний стенд Electude

Сценарій «Нестійкий холостий хід після прогріву». Клієнт надає скаргу, що автомобіль працює ідеально перші 15-20 хвилин руху. Проте, як тільки двигун виходить на робочу температуру (90-95°C), він починає відчутно «троїти» (нестабільно працювати) або працювати з перебоями, особливо на холостому ходу та при різкому прискоренні. При цьому, що є ключовою проблемою, коди несправностей (DTC) в пам’яті електронного блоку управління відсутні або є непрямими. Це вимагає відмови від простого зчитування помилок і переходу до глибокої аналітики.

Послідовність виконання завдання:

1 Студент здійснює початковий аналіз, розпочинаючи з моніторингу даних у режимі реального часу (Live Data) при холодному запуску, фіксуючи, як змінюються показники після досягнення робочої температури (температура, корекція палива, положення дросельної заслінки).

2 Студент виявляє непрямі ознаки несправності (наприклад, велика різниця у короткостроковій корекції палива по циліндрах, що вказує на проблему згоряння).

3 Використовувючи віртуальний осцилограф для тестування вторинної обмотки котушок запалювання проблемного циліндра студент підтверджує несправність. Завдання вимагає порівняти візуальну картину осцилограми «холодного» та «гарячого» двигуна, щоб виявити характерну ознаку теплового пробою (коли ізоляція втрачає властивості при нагріванні).

4 За результатом проведеного аналізу осцилограми та даних сканера, студент приймає фінальне рішення. Точно ідентифікує несправний компонент (зазвичай, котушку запалювання) і віртуально проводить її заміну.

Критерії оцінки:

– розраховується операційна ефективність, час який витрачений на діагностику, відсутність зайвих діагностичних кроків (наприклад, перевірки паливного насоса до перевірки запалювання);

– 100% точне виявлення теплової несправності, що не фіксується ЕБУ.

Кейс для ПК-2: Відпрацювання технологічної послідовності ремонту. Мета - розвиток ремонтно-технічної компетентності (ПК-2), що включає формування навичок ювелірної точності та суворого дотримання технологічної карти, що є запорукою надійності ремонту.

Симуляційне середовище у формі VR-тренажера, що базується на використанні окулярів віртуальної реальності, створює для студента ефект повного занурення у цифрову майстерню, де кожен елемент робочого простору відповідає стандартам реального автосервісу. Завдяки високій деталізації візуальних та звукових ефектів, здобувач освіти отримує безперешкодний доступ до інтерактивної моделі двигуна системи DOHC (Double OverHead Camshaft), що дозволяє не просто оглядати вузли, а й здійснювати маніпуляції з газорозподільним механізмом у тривимірному вимірі. Використання такої технології нівелює фізичні обмеження традиційного навчання, оскільки студент може «розібрати» двигун на окремі деталі, вивчити взаємодію двох розподільних валів та зрозуміти принципи налаштування теплових зазорів клапанів без ризику пошкодження реальних компонентів.

Такий рівень візуалізації сприяє формуванню чіткої когнітивної карти будови сучасного двигуна, що є критично важливим для майбутніх техніків-механіків. Можливість багаторазового повторення складних операцій у VR-просторі забезпечує перехід від теоретичного розуміння конструкції DOHC до впевнених практичних навичок, які згодом легко трансформуються у професійні дії під час роботи з реальною технікою (рис. 2.6). Впровадження подібних імерсивних середовищ дозволяє змінити фокус навчання з пасивного спостереження на активне дослідження внутрішніх процесів двигуна внутрішнього згоряння, що значно підвищує рівень мотивації та професійної готовності здобувача освіти.

Рисунок 2.6 – Робота з VR-тренажером

Сценарій «Заміна комплекту газорозподільного механізму». Завдання полягає у проведенні однієї з найбільш відповідальних і дорогих операцій - заміні ременя газорозподільного механізму, де найменша помилка у встановленні міток або моменті затягування може призвести до катастрофічних наслідків для реального двигуна.

Послідовність виконання завдання грунтується на етапах, що забезпечеть ефективне вирішення поставлених завдань.

1 На підготовчому (першому) етапі студент повинен віртуально підготувати робоче місце та дотриматися алгоритму безпеки (відключення живлення, фіксація колеса), що формує відповідальність.

2 Згідно завданої технології необхідно здійснити демонтаж навісного обладнання та кожухів, суворо дотримуючись послідовності (симулятор фіксує порушення). Особлива увага приділяється правильній установці міток газорозподільного механізму.

3 У відповідності до інструкцій з експлуатації та ремонту вказаної моделі двигуна студент має віртуально вибрати динамометричний ключ і здійснити затягування болтів натяжних і обвідних роликів з точністю до 1 Nm, оскільки неправильний момент призведе до «віртуальної поломки» або некоректної роботи системи. Це відпрацьовує одну з найчастіших помилок молодих фахівців.

4 Після заміни елементів газорозподільного механізму студент повинен ініціювати віртуальний «перший прокрут» колінчастого валу двигуна для перевірки міток.

Критерії оцінки:

– автоматична фіксація порушення послідовності, вибір неправильного інструменту, а найголовніше – помилки моменту затягування;

– успішний запуск двигуна у віртуальному режимі після збирання.

Комплексний Кейс (ПК-1 та ПК-2): Діагностика та ремонт гальмівної системи.

Мета – інтегроване формування навичок, що вимагають міжгалузевого мислення - переходу від електронної діагностики (ПК-1) до механічного ремонту (ПК-2), що є типовою ситуацією на станціях технічного обслуговування.

Симуляційне середовище - комбіноване. Починається на віртуальному діагностичному стенді, переходить у 3D-модель (або VR) для ремонту. Сценарій «Помилка ABS та нерівномірне гальмування».

На приладовій панелі автомобіля постійно світиться індикатор ABS. Клієнт додатково повідомляє, що при екстреному гальмуванні автомобіль «тягне» у бік. Це створює комплексний виклик у вигляді електричної помилки та механічних симптом (рис 2.7).

Рисунок 2.7 – Комп’ютерна діагностика автомобіля

Послідовність виконання завдання грунтується на реалізації алгоритму діяльності.

1 Студент здійснює первинну діагноститку підключаючи сканер і зчитуючи код (наприклад, C0035 – несправність датчика швидкості

переднього лівого колеса). Студент не повинен одразу замовляти новий датчик, а зобов’язаний верифікувати проблему.

2 Використовуючи мультиметр у симуляторі студент здійснює електричну перевірку живлення та опорур електропроводки до датчика. Якщо показники в нормі, діагностика переходить до механічної частини.

3 Студент переходить до механіки у 3D-режим огляду колеса та бачить, що гребінка ABS (магнітне кільце) має механічне пошкодження або забруднення. Це вказує, що причина не в електроніці, а в механічному впливі.

4 Студент повинен виконати ремонті роботи, проводить демонтаж вузла (ступиці) та заміну гребінки ABS у віртуальному просторі, демонструючи правильність використання знімачів, очищення посадкових місць та фінальне затягування кріплень.

5 Після завершення ремонтних робіт студент здійснює фінальний запуск сканера для скидання помилки та перевірка Live\ Data у динаміці, що підтверджує коректність ремонту.

Критерії оцінки:

– системність мислення, логічний перехід від електричної діагностики до механічної (якщо перевірка проводки в нормі, не потрібно замінювати датчик);

– економічна доцільність, прийняття рішення про заміну лише гребінки, а не всього датчика/блоку ABS.

Обґрунтування студентом, чому він не довірився коду C0035 як кінцевому діагнозу, а провів додаткову механічну верифікацію.

Розробка моделі використання симуляційних технологій для підготовки фахівців автотранспортної галузі є відповіддю на методичний виклик, як перейти від фрагментарного використання окремих тренажерів до цілісної, інтегрованої системи навчання. Модель була створена не просто як опис технологічних засобів, а як організаційно-методичний каркас, що забезпечує синергію між навчальною програмою, технологіями та педагогічною діяльністю викладача.

Ключова інновація полягає у фокусі на циклічності навчання та обов'язковому дебрифінгу. Це відрізняє розроблену модель від простих лабораторних робіт. Впровадження моделі в Експериментальній Групі було, по суті, методичною інтервенцією, спрямованою на зміну поведінки студента. Від пасивного слідування інструкціям до активного, критичного пошуку рішень у віртуально змодельованих, але реалістичних професійних умовах. Успішне впровадження моделі стало головною передумовою для отримання об'єктивних результатів, представлених у підрозділі 2.4.

Успіх експериментального впливу в експериментальній групі не був питанням лише придбання техніки. Він був результатом застосування чіткої, структурно-функціональної моделі інтеграції симуляційних технологій. Розробка цієї моделі виходила з необхідності створити міст між академічною теорією та складними, високотехнологічними вимогами сучасного автотранспортного виробництва. Модель стала організаційним ядром формувального етапу дослідження в Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжі.

Модель була сконструйована як циклічна система, що забезпечує не просто тренування, а цілісний розвиток компетентностей. Вона охоплювала чотири ключові компоненти такі як цільовий фокус, технологічне наповнення, методичне ядро та оцінювання результату. Ключовим принципом стало перенесення акценту з перевірки того, що студент знає на оцінку того, як він діє в умовах, близьких до виробничих. Модель передбачала свідоме використання різних типів симуляційних технологій для формування різних аспектів ПК:

- віртуальні діагностичні стенди (Electude) спрямовані на формування логічного алгоритму пошуку несправностей та навичок роботи з діагностичним ПЗ (ПК-1);
- VR/AR-тренажери використовувалися для відпрацювання точності та технологічної послідовності ручних операцій (ПК-2), де помилка може призвести до поломки реального агрегату.

Впровадження моделі в освітній процес експеременталної групи відбувалося через послідовне освоєння трьох рівнів складності, що відповідало логіці вивчення фахових дисциплін.

А – рівень 1: базовий тренінг (заміна демонстрації). На цьому етапі симуляційних технологій замінили традиційну демонстрацію. Замість того, щоб викладач показував, як працює конкретний датчик на фізичному стенді, студенти працювали з цифровими двійниками вузлів. Це дало змогу не лише побачити роботу механізму, але й змінювати його параметри (наприклад, моделювати перегрів двигуна) і спостерігати за наслідками, що є неможливим на живому обладнанні.

Б – рівень 2: проблемно-орієнтований тренінг (критична фаза). Це був основний етап експерименту, де симуляційні тренінги замінили значну частину традиційних лабораторних робіт. Кожне заняття починалося з нетипового, багатокрокового сценарію несправності (наприклад, «Нестабільна робота двигуна, помилки немає»). Студент був змушений самостійно обирати інструменти, послідовність дій та методи діагностики, імітуючи реальну ситуацію на станції технічного обслуговування.

Одним з важливих елементів моделі було автоматичне протоколювання всіх дій студента. Симулятор фіксував час, витрачений на кожен етап, факт використання «зайвих» інструментів, ігнорування правил безпеки та економічну доцільність рішень (чи не запропонував студент віртуальну заміну справної, але дорогої деталі).

В – рівень 3: фінальна верифікація та дебрифінг. Впровадження моделі завершувалося обов’язковим циклом дебрифінгу, під час якого викладач, виступаючи в ролі коуча, проводив аналіз автоматично згенерованих звітів.

Під час дебрифінгу викладач не питав «Яка була помилка?», а ставив питання: «Яка ваша перша гіпотеза була хибною і чому ви витратили 15 хвилин на перевірку справної системи? Що цей досвід говорить про ваш логічний алгоритм?» Це забезпечило перетворення операційних помилок на усвідомлений професійний досвід, що є кінцевою метою моделі.

Модель, реалізована в експерементальній групі, створила динамічне, безпечне і контрольоване освітнє середовище, яке дозволило студентам багаторазово відчути на власному досвіді складні професійні ситуації, що стало вирішальним фактором у підвищенні їхньої компетентності, підтверджене подальшим аналізом результатів.

Перехід до симуляційних технологій у підготовці технічних фахівців є не просто українською освітньою тенденцією, а глобальним імперативом, що формується під тиском високої вартості реальних помилок та стрімкого морального старіння обладнання. У розвинених країнах (США, Німеччина, Канада) симуляційних технологій вже значний час є основою для підготовки фахівців в авіації, медицині та енергетиці. Впровадження цієї методології в автотранспортній галузі є закономірним кроком, оскільки сучасний автомобіль за своєю складністю та насиченістю електронікою вже наближається до бортових систем авіалайнерів.

Для закладів професійної освіти, таких як Ізмаїльський агротехнічний фаховий коледж, симуляційних технологій вирішують критичну фінансову дилему. Придбання та утримання парку найновіших автомобілів для навчальних цілей є економічно недоцільним і неможливим. Натомість, віртуальні ліцензії та VR-обладнання дають змогу студентам працювати з цифровими двійниками (digital twins) найсучасніших моделей (електрокарів, гібридів, автомобілів з ADAS системами) без необхідності купувати фізичні зразки, що є стратегічно вигідною інвестицією в довгостроковій перспективі.

З психологічної точки зору, симуляційні технології значно підвищують мотивацію студентів цифрового покоління. Інтерактивність, гейміфікація та миттєвий зворотний зв’язок перетворюють рутинне навчання на цікавий професійний квест. Студенти можуть не лише спостерігати роботу системи, а й експериментувати з нею, створюючи критичні ситуації (наприклад, перегрів двигуна чи коротке замикання), що на реальному обладнанні заборонено.

Такий підхід забезпечує глибоке розуміння причинно-наслідкових зв’язків у системах автомобіля. Замість того, щоб просто запам’ятати

правильний порядок дій, студент усвідомлює, які наслідки матиме порушення технологічного процесу (наприклад, невірний момент затягування або використання невідповідного інструменту), що значно підвищує якість засвоєння професійних норм та стандартів.

Успішне впровадження симуляційних технологій вимагає не лише технічного оснащення, але й адміністративного менеджменту. Це передбачає розробку чіткого проекту управління змінами, який включає в себе:

– навчання адміністративного персоналу для управління IT-інфраструктурою симуляційних класів;

– формалізацію процесу дебрифінгу та інтеграцію його в систему оцінювання.

– створення міждисциплінарних робочих груп викладачів (наприклад, електрик та механік), які спільно розроблятимуть комплексні сценарії діагностики та ремонту, що вимагають знань одразу з кількох дисциплін.

Аналіз результатів контрольного етапу педагогічного експерименту став вирішальним для підтвердження висунутої гіпотези. Наша мета полягала у порівнянні якісних та кількісних змін у рівні сформованості професійних компетентностей (ПК) студентів Експериментальної Групи, що навчалася за моделлю симуляційних технологій, з показниками Контрольної Групи, яка працювала за традиційною методикою.

Після завершення формувального етапу, обидві групи виконували ідентичне контрольне завдання таке як комплексна діагностика прихованої електричної несправності автомобіля, що вимагала застосування як теоретичних знань, так і навичок роботи з вимірювальним обладнанням. Додатково оцінювалася здатність студентів логічно обґрунтовувати послідовність діагностичних дій, інтерпретувати результати вимірювань та приймати обґрунтовані технічні рішення в умовах, наближених до реальної професійної діяльності. Це дало змогу комплексно визначити рівень сформованості професійних компетентностей, а також виявити переваги

застосування симуляційних технологій у порівнянні з традиційним підходом до навчання (таб. 2.9, рис. 2.8).

Таблиця 2.9 – Результати розподілу студентів за рівнями сформованості ПК-1 (Діагностична компетентність):

Рівень сформованості	До експерименту (середнє для КГ та ЕГ)	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)
Низький (Н) (<60 балів)	30%	24%	4%
Середній (С) (60–79 балів)	50%	56%	36%
Високий (В) (80–100 балів)	20%	20%	60%

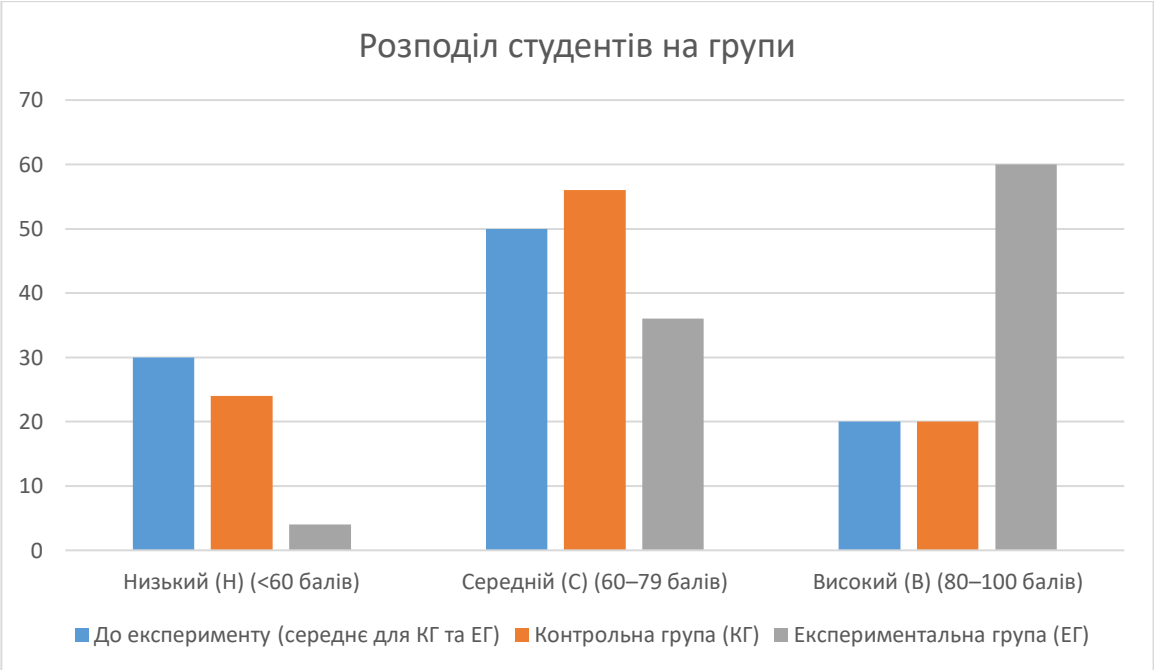

Рисунок 2.8 – Результати розподулу студентів на групи

З таблиці чітко видно суттєву трансформацію у розподілі. Якщо у контрольній групі частка студентів із Високим рівнем не змінилася (20%), то в експерементальній вона зросла втричі - до 60%. Це свідчить про те, що симуляційне навчання забезпечило не просто краще засвоєння, а якісний

прорив до рівня професійної майстерності у більшості студентів. Частка тих, хто не впорався із завданням (Низький рівень), в експерементальній групі скоротилася до мінімальних 4%.

Щоб перевірити, що ці зміни не випадкові, було застосовано t-критерій Стьюдента для порівняння середніх балів обох груп:

– середній бал контрольної групи після експерименту: 70,8;
– середній бал експериментальної групи після експерименту: 84,5 (рис. 2.9).

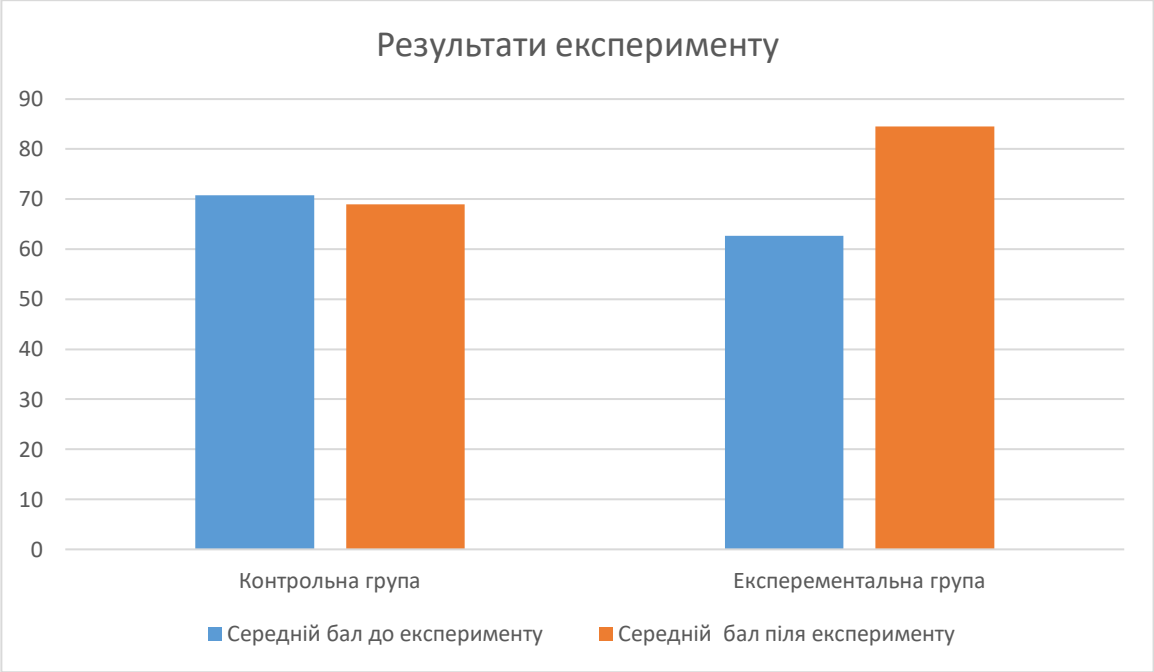

Рисунок 2.9 – Результати педагогічного експерименту

Обчислене значення t-критерію було значно вищим за критичне для рівня значущості $p < 0,01$, що дозволило відкинути нульову гіпотезу про відсутність різниці. Це доводить, що застосування симуляційних технологій має статистично значущий позитивний вплив на формування діагностичної компетентності.

Найбільш наочні докази ефективності симуляцій були отримані при аналізі операційного критерію, який автоматично фіксував симулятор (ПК-2, ремонтно-технічна компетентність).

Студенти експерементальної групи в середньому виконували завдання діагностики на 35% швидше, ніж студенти контрольної групи. Це прямо вказує на те, що багаторазові ітерації в симуляційному середовищі та негайний зворотний зв’язок дозволили студентам експерементальної групи сформувати чіткий, оптимізований алгоритм діагностування.

Кількість зайвих або помилкових кроків (наприклад, перевірка справної системи, необґрунтована віртуальна заміна справного датчика) у студентів контрольної групи була в середньому у 2.5 рази вищою, ніж у експерементальної групи.

Робота з VR-тренажерами (ПК-2) навчила студентів експерементальної групи точності та технологічній послідовності, тоді як студенти контрольної групи, працюючи на реальних стендах, часто ігнорували дрібні, але критичні деталі, покладаючись на фізичну інтуїцію, а не на стандартизований процес.

Отримані кількісні та якісні дані дозволяють зробити категоричний висновок, що гіпотеза дослідження повністю підтверджена.

Використання розробленої моделі, заснованої на ітераційному тренінгу, проблемно-орієнтованих сценаріях та обов’язковому дебрифінгу, забезпечило значну ефективність формування професійних компетентностей, особливо у сфері діагностики складних, нетипових несправностей (ПК-1). Значно підвищило швидкісьі та точність дій (ПК-2), що є критично важливим для реальної роботи на станції технічного обслуговування.

Це свідчить про те, що симуляційні технології в умовах Ізмаїльського агротехнічного фахового коледжу можуть і повинні виступати як ключовий засіб для підготовки конкурентоспроможних фахівців автотранспортної галузі.

Результати, отримані в Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжі, переконливо довели ефективність моделі симуляційного навчання. Щоб цей успіх став системним і масштабованим, необхідно дотримуватися низки стратегічних та методичних рекомендацій. Вони охоплюють не лише технічну сторону, а й передусім кадрову та дидактичну складові.

Таким чином проведене дослідження надало можливість сформувати рекомендації для учасників освітнього прорцесу при створенні інфраструктури та управління контентом, що грунтуються на принципах отриманих під час дослідження з урахуванням міжнародного та відчизняного досвіду.

Створення інфраструктури та управління контентом:

– формування «Симуляційного центру» замість «Комп'ютерного класу». Необхідно змінити підхід до організації простору. Центр повинен бути гібридним: поєднувати зони VR/AR (для відпрацювання ручних операцій, ПК-2), зони К-С (комп'ютерні стенди для діагностики, ПК-1) та зону дебрифінгу (оснащену великим екраном для спільного аналізу помилок). Це забезпечить безшовний перехід між теоретичним аналізом та практичним виконанням;

– пріоритет ліцензійному ПЗ з можливістю моделювання несправностей. При закупівлі програмного забезпечення (наприклад, Electude, або вітчизняні аналоги) варто обирати ті платформи, які дозволяють викладачеві самостійно створювати та змінювати сценарії. Це дозволить наповнювати освітній процес реальними кейсами, взятими з місцевих СТО, роблячи навчання максимально актуальним;

– систематичне оновлення бібліотеки сценаріїв. Недостатньо просто купити симулятор. Викладацькому складу слід щорічно оновлювати банк сценаріїв, включаючи проблеми, пов'язані з новими технологіями (електромобілі, гібриди, системи ADAS), щоб випускники не відставали від технологічного прогресу;

– обов'язкове навчання викладачів методиці Дебрифінгу. Це найкритичніший елемент. Викладач повинен бути навчений не просто натискати кнопки, а ставити коректні запитання («Чому ви прийняли саме це рішення?», «Що свідчило про помилковість вашого першого кроку?»). Рекомендується включити курс "Фасилітація симуляційного навчання" в план підвищення кваліфікації;

– інтеграція симуляційних технологій у поточний навчальний план. Не потрібно додавати симуляції як окремий, факультативний курс. Необхідно перерозподілити години з традиційних лабораторних робіт на симуляційні тренінги у ключових фахових дисциплінах («Технічна діагностика», ТО та ремонт автомобілів»), забезпечуючи, щоб симуляції становили не менше 40% практичного часу;

– впровадження міждисциплінарних симуляцій. Для розвитку системного мислення доцільно створювати сценарії, які вимагають знань одразу з кількох дисциплін (наприклад, несправність системи керування двигуном, що вимагає знань як з електрики, так і з теплотехніки). Це імітує реальну, комплексну проблему;

– використання симуляторів для фінальної атестації. симуляційних технологій мають використовуватися не лише для навчання, а й для об’єктивної, стандартизованої оцінки навичок. Рекомендується ввести кваліфікаційний іспит у симуляційному середовищі, де автоматично фіксується час, точність та послідовність дій студента. Це підвищить прозорість оцінки;

– тісна співпраця з роботодавцями. Регулярно залучати представників місцевих СТО та автопарків (зокрема в Ізмаїлі) до верифікації сценаріїв та оцінки компетентностей випускників, отриманих через симулятори. Це забезпечить відповідність навчального контенту актуальним вимогам ринку праці.

Дотримання цих рекомендацій дозволить Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжу не лише закріпити успіх експерименту, але й стати лідером у підготовці висококваліфікованих, конкурентоспроможних техніків-механіків для автотранспортної галузі.

ВИСНОВКИ

Професійна підготовка фахівців автотранспортної галузі сьогодні стикається з проблемою недостатньої практичної підготовки студентів. Сучасні автомобілі є технічно складними, а традиційні методи навчання не дозволяють повною мірою сформувати навички діагностики та ремонту.

Ефективним рішенням цієї проблеми є використання симуляційних технологій, які імітують реальні виробничі умови та дозволяють студентам безпечно і багаторазово відпрацьовувати професійні дії. Такі технології виконують навчальну, тренувальну та контрольну функції і допомагають подолати нестачу практичного досвіду.

Симуляційні засоби можуть бути різними за рівнем реалізму та технічною реалізацією: комп’ютерні програми, віртуальна (VR) і доповнена реальність (AR), цифрові тренажери. Це дає змогу обирати оптимальні засоби для конкретних навчальних дисциплін. Наприклад, віртуальні діагностичні тренажери ефективні для формування навичок роботи зі сканерами, а VR/AR-середовища – для відпрацювання ремонтних операцій.

Упровадження симуляційних технологій потребує не лише технічного оснащення, а й правильної методичної організації навчання. Важливими є використання практичних сценаріїв, багаторазове тренування, негайний зворотний зв’язок та обов’язковий аналіз виконаних дій після кожного заняття.

На основі дослідження було розроблено трифазову методику впровадження симуляційних технологій: підготовчу, практичну та аналітичну. У цій моделі викладач виступає не лише як джерело знань, а як наставник і консультант, який допомагає студентам аналізувати свої дії та виправляти помилки.

Педагогічний експеримент, проведений в Ізмаїльському агротехнічному фаховому коледжі, підтвердив ефективність цієї моделі. Студенти

експериментальної групи показали значно кращі результати: вищий середній бал, швидше виконання діагностичних завдань і меншу кількість помилок порівняно з контрольною групою. Кількість студентів із високим рівнем професійної підготовки зросла втричі.

Отримані результати довели, що використання симуляційних технологій значно підвищує рівень сформованості діагностичних і ремонтно-технічних навичок. Такі технології є важливим і необхідним засобом підготовки сучасних фахівців автотранспортної галузі та мають перспективи подальшого розвитку, зокрема через використання AR, командних тренінгів і економічного обґрунтування їх упровадження.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Безкоштовне навчання для українських студентів-переселенців [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.gov.scot/news/free-tuition-fordisplaced-ukrainian-students/ (дата звернення: 13.11.2025).

2. Peculiarities of electrician engineer training in the context of distance learning [Електронний ресурс] / Yu. Borodenko, S. Arkhun, A. Hnatov, H. Hnatova, N. Kunichina, A. Patlins // 2022 IEEE 63rd Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON 2022) : proceedings. – 2022. – P. 1–6. – DOI: 10.1109/RTUCON56726.2022.9978859 (дата звернення: 13.11.2025).

3. Віртуальна реальність в освіті: нові можливості для навчання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.intellias.ua/blog/vr-possibilities-in-education (дата звернення: 14.11.2025).

4. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають на навчання [Електронний ресурс]. – ЛПК. – Режим доступу: http://lpk.ucoz.ua/news/virtualna_ta_dopovnena_realnist_jak_novi_tekhnologiji_nadikhajut_vchitisja/2019-11-14-52 (дата звернення: 13.11.2025).

5. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають на навчання [Електронний ресурс]. – Освіторія Медіа. – Режим доступу: https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yakoyu-mozhe- (дата звернення: 14.11.2025).

6. Гнедько Н. М. Формування готовності майбутніх учителів до використання засобів віртуальної візуалізації у професійній діяльності : автореф. дис. … д-ра пед. наук : 13.00.04. – 2015. – 40 с.

7. Голубєв Л., Ткач М., Макатора Д. Використання Tinkercad для онлайн-підтримки лабораторних робіт з проєктування мікропроцесорних

систем у технічному університеті // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2023. – № 1(93).

8. Державний стандарт початкової освіти : постанова Кабінету Міністрів України № 87 від 21.02.2018 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/59891/ (дата звернення: 15.11.2025).

9. У Харкові 55 % освітнього фонду було пошкоджено внаслідок обстрілу [Електронний ресурс] / Департамент освіти Харківської міської ради. – Режим доступу: http://www.city.kharkiv.ua/uk/news/u-kharkovivnaslidok-obstriliv-poshkodzheno-55-osvitnogofondu--53210.html (дата звернення: 17.11.2025).

10. Засєкін А. Віртуальне спілкування як фактор особистісних змін студентської молоді : автореф. дис. … канд. психол. наук : 19.00.07. – Київ, 2012. – 20 с.

11. Діагностичне програмне забезпечення [Електронний ресурс] / – Режим доступу: https://www.boschaftermarket.com/ua/uk/equipment/ecu-diagnosis/esitronic-software/ (дата звернення: 17.11.2025).

12. Car Mechanic Simulator VR [Електронний ресурс] / – Режим доступу:https://store.steampowered.com/app/1088770/Car_Mechanic_Simulator_VR/?l=ukrainian&curator_clanid=23133713 (дата звернення: 17.11.2025).

13. AR створення нової автосервісної реальності [Електронний ресурс] / – Режим доступу: https://www.automaster.net.ua/artykuly/ar-stvorennya-novoyi-avtoservisnoyi-realnosti,51977?wyslij=51977 (дата звернення: 17.11.2025).

14. Концепція Нової української школи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nus.org.ua/wpcontent/uploads/2017/07/konczepcziya.pdf (дата звернення: 14.11.2025).

15. Лемешко Ю. С. Синергетична модель управління проєктами організації системи знань віртуального університету : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.13.22. – Київ, 2010. – 21 с.

16. Віртуальне навчання CDX Learning Systems [Електронний ресурс] / – Режим доступу: https://www.cdxlearning.com/ (дата звернення: 17.11.2025).

17. Симулятор Electude [Електронний ресурс] / – Режим доступу: https://simulator.electude.com/ (дата звернення: 17.11.2025).

18. Литвинова С. Г. Методика використання вчителем технологій віртуального класу в організації індивідуальної підготовки студентів : автореф. дис. … канд. пед. наук : 13.00.04. – Київ, 2011. – 22 с.

19. Віртуальна реальність замість звичних підручників [Електронний ресурс] / К. Матроскіна. – Режим доступу:https://vido.com.ua/article/21907/virtualna-realnist-zamist-zvichnikh-pidruchnikiv/ (дата звернення: 21.11.2025).

20. Павлюк Р. О. Формування вмінь майбутніх учителів іноземних мов створювати віртуальну педагогічну взаємодію : автореф. дис. … канд. пед. наук : 13.00.04. – 2009. – 20 с.

21. Петриця А. Н. Співвідношення віртуального та реального в навчальному експерименті в процесі вивчення фізики в початковій школі : автореф. дис. … канд. пед. наук : 13.00.02. – Кіровоград, 2010. – 21 с.

22. Про рекомендацію дистанційного навчання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://osvita.ua/legislation/Ser_osv/88527/ (дата звернення: 13.11.2025).

23. Real reality (RR) [Electronic resource]. – Techopedia. – Mode of access: https://www.techopedia.com/definition/12261/real-reality-rr (date of access: 16.11.2025).

24. Ханюков О. О., Смолянова О. В., Щукіна О. С. Дистанційне навчання протягом війни в Україні: організація та виклики // Мистецтво медицини. – 2022. – № 1(1). – С. 134–138.

25. Що таке віртуальна реальність: визначення, пристрої та приклади [Електронний ресурс]. – Marxent Labs. – Режим доступу: https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/ (дата звернення: 16.11.2025).

26. Що таке доповнена реальність – технології, приклади та історія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.myservername.com/what-is-augmented-reality-technology (дата звернення: 19.11.2025).

27. Що таке доповнена реальність? [Електронний ресурс]. – Florida International University. – Режим доступу: https://www.fi.edu/what-is-augmented-reality (дата звернення: 18.11.2025).

28. Що таке змішана реальність? [Електронний ресурс]. – Adobe. – Режим доступу: https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/mixed-reality.html (дата звернення: 17.11.2025).

29. The challenges in universities related to COVID-19 on the example of the double degree master's program «Electric vehicles and energy saving technologies» [Electronic resource] / S. Arkhun, A. Hnatov, H. Hnatova, A. Patlins, N. Kunichina // 2020 61st International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) : proceedings. – 2020. – P. 1–6. – DOI: 10.1109/RTUCON51174.2020.9316601 (date of access: 18.11.2025).

30. Joint innovative master's double degree program «Energy saving technologies in transport» [Electronic resource] / A. Gnatov, S. Arkhun, O. Ulianets // 2017 IEEE International Young Scientists Forum on Control and Information Technology (YSF) : proceedings. – 2017. – P. 1203–1207. – DOI: 10.1109/UKRCON.2017.8100442 (date of access: 17.11.2025).

31. Hamed G., Aljanazrah A. The effectiveness of using virtual experiments in teaching students in the general physics laboratory // Journal of Information Technology and Educational Technology. – 2020. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–15. – DOI: 10.28945/4668 (date of access: 18.11.2025).

32. Kapilan N., Vidhya P., Gao H.-Z. Virtual laboratory: A boon for mechanical engineering education during the Covid-19 pandemic // Future of Higher Education. – 2021. – Vol. 8, No. 1. – P. 31–46. – DOI: 10.1177/2347631120970757 (date of access: 17.11.2025).

33. Utilising remote access and remote control technology for managing virtual classrooms during Covid-19 pandemic in vocational education and training (VET) specialties labs [Electronic resource] / D. Magetos, I. Sarlis, D. Kotsifakos, C. Douligeris // European Conference on E-Learning : proceedings. – 2021. – P. 583–XIX (date of access: 16.11.2025).

34. Murray R. UK university initiatives supporting forced migrants: acts of resistance or reproducing structural inequalities? // Migration and Society. – 2022. – Vol. 5, No. 1. – P. 99–114. – DOI: 10.3167/arms.2022.050109 (date of access: 18.11.2025).

35. Offices and design group labs [Electronic resource]. – Stanford University. – Mode of access: https://me.stanford.edu/groups/about-designgroup/design-group-offices-and-labs (date of access: 17.11.2025).

36. Virtual lab to support chemical reaction engineering courses using real problems and industrial software [Electronic resource] / J. Ramirez, D. Soto, S. Lopez [et al.] // Education for Chemical Engineers. – 2020. – Vol. 33. – P. 36–44. – DOI: 10.1016/j.ece.2020.07.002 (date of access: 16.11.2025).

37. Development of practical exercises in educational institutions using intelligent expert systems [Electronic resource] / B. Sus, S. Zahorodniuk, O. Bauzha [et al.] // 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T) : proceedings. – 2021. – P. 279–284 (date of access: 16.11.2025).

38. Taylor S. C. Case study: Virtual laboratory [Electronic resource]. – University of Cambridge, 2019. – Mode of access: https://wwwsmartinfrastructure.eng.cam.ac.uk/files/virtuallabcasestudy (date of access: 18.11.2025).

39. Development of a sustainable approach to electric power engineering education in the context of long-term online education [Electronic resource] / I. Trunova, S. Arkhun, A. Hnatov [et al.] // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, No. 18. – Article 13289. – DOI: 10.3390/su151813289 (date of access: 19.11.2025).

ДОДАТОК А

(обов’язковий)

Модель використання симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю

Рисунок А.1 – Модель використання симуляційних технологій у підготовці фахівців автотранспортного профілю

ДОДАТОК Б

(довідковий)

Приклади практичних завдань

Кейс для ПК-1 «Діагностика «плаваючої» несправності системи запалювання»

Мета – формування діагностичної компетентності (ПК-1), зокрема навичок логічного пошуку періодичних або теплових несправностей, які є найбільш складними для виявлення в реальній практиці СТО.

Симуляційне середовище – віртуальний діагностичний стенд (Electude або аналог), що імітує роботу двигуна 1.6L з електронним управлінням. Студент має доступ до віртуального сканера, мультиметра, осцилографа та інструментів для механічного контролю.

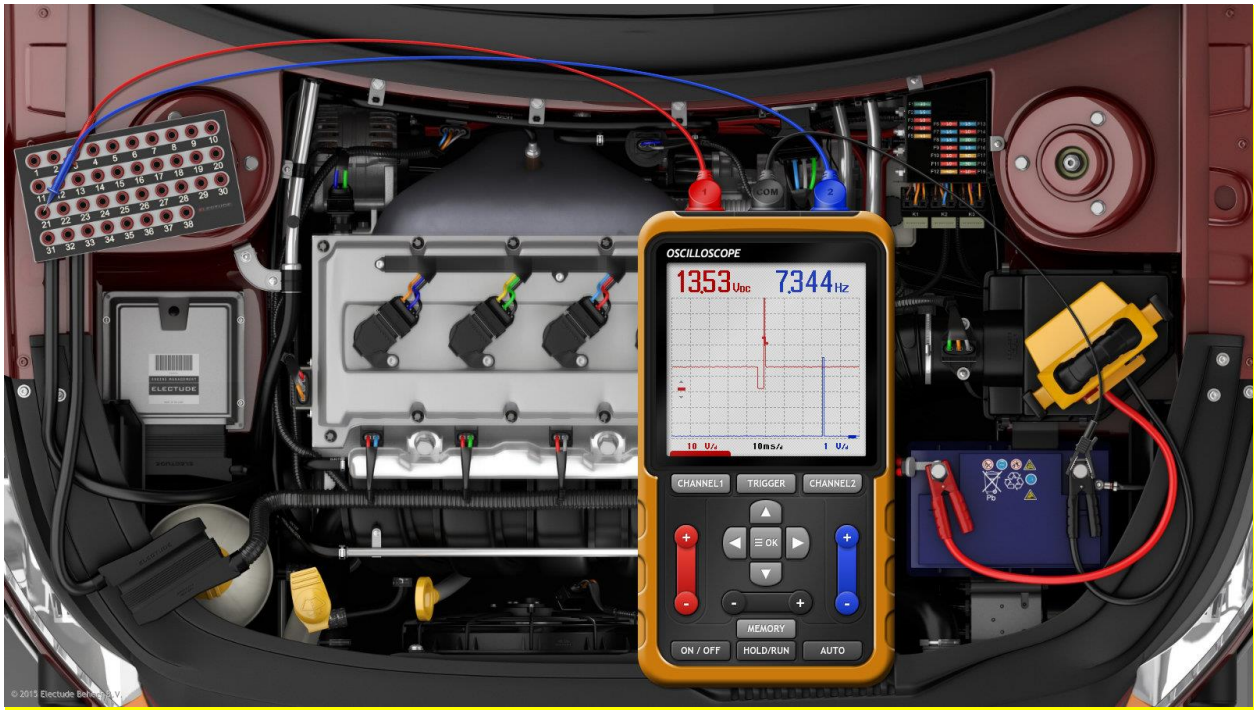

Рисунок В.1 – Симуляційне середовище - віртуальний діагностичний стенд Electude

Сценарій «Нестійкий холостий хід після прогріву». Клієнт надає скаргу, що автомобіль працює ідеально перші 15-20 хвилин руху. Проте, як тільки

двигун виходить на робочу температуру (90-95°C), він починає відчутно «троїти» (нестабільно працювати) або працювати з перебоями, особливо на холостому ходу та при різкому прискоренні. При цьому, що є ключовою проблемою, коди несправностей (DTC) в пам’яті електронного блоку управління відсутні або є непрямими. Це вимагає відмови від простого зчитування помилок і переходу до глибокої аналітики.

Послідовність виконання завдання:

1 Студент здійснює початковий аналіз, розпочинаючи з моніторингу даних у режимі реального часу (Live Data) при холодному запуску, фіксуючи, як змінюються показники після досягнення робочої температури (температура, корекція палива, положення дросельної заслінки).

2 Студент виявляє непрямі ознаки несправності (наприклад, велика різниця у короткостроковій корекції палива по циліндрах, що вказує на проблему згоряння).

3 Використовувючи віртуальний осцилограф для тестування вторинної обмотки котушок запалювання проблемного циліндра студент підтверджує несправність. Завдання вимагає порівняти візуальну картину осцилограми «холодного» та «гарячого» двигуна, щоб виявити характерну ознаку теплового пробою (коли ізоляція втрачає властивості при нагріванні).

4 За результатом проведеного аналізу осцилограми та даних сканера, студент приймає фінальне рішення. Точно ідентифікує несправний компонент (зазвичай, котушку запалювання) і віртуально проводить її заміну.

Критерії оцінки:

– розраховується операційна ефективність, час який витрачений на діагностику, відсутність зайвих діагностичних кроків (наприклад, перевірки паливного насоса до перевірки запалювання).

– 100% точне виявлення теплової несправності, що не фіксується ЕБУ.

Кейс для ПК-2 «Відпрацювання технологічної послідовності ремонту»

Мета – розвиток ремонтно-технічної компетентності (ПК-2), що включає формування навичок ювелірної точності та суворого дотримання технологічної карти, що є запорукою надійності ремонту.

Симуляційне середовище – VR-тренажер (окуляри віртуальної реальності), що надає студенту повне занурення у віртуальну майстерню та доступ до моделі двигуна DOHC.

Рисунок В.2 – Симуляційне середовище – VR–тренажер

Сценарій «Заміна комплекту газорозподільного механізму». Завдання полягає у проведенні однієї з найбільш відповідальних і дорогих операцій - заміні ременя газорозподільного механізму, де найменша помилка у встановленні міток або моменті затягування може призвести до катастрофічних наслідків для реального двигуна.

Послідовність виконання завдання грунтується на етапах, що забезпечеть ефективне вирішення поставлених завдань.

5 На підготовчому (першому) етапі студент повинен віртуально підготувати робоче місце та дотриматися алгоритму безпеки (відключення живлення, фіксація колеса), що формує відповідальність.

6 Згідно завданої технології необхідно здійснити демонтаж навісного обладнання та кожухів, суворо дотримуючись послідовності (симулятор фіксує порушення). Особлива увага приділяється правильній установці міток газорозподільного механізму.

7 У відповідності до інструкцій з експлуатації та ремонту вкзаної моделі двигуна студент має віртуально вибрати динамометричний ключ і здійснити затягування болтів натяжних і обвідних роликів з точністю до 1 Nm, оскільки неправильний момент призведе до «віртуальної поломки» або некоректної роботи системи. Це відпрацьовує одну з найчастіших помилок молодих фахівців.

8 Після заміни елементів газорозподільного механізму студент повинен ініціювати віртуальний «перший прокрут» колінчастого валу двигуна для перевірки міток.

Критерії оцінки:

– автоматична фіксація порушення послідовності, вибір неправильного інструменту, а найголовніше – помилки моменту затягування;

– успішний запуск двигуна у віртуальному режимі після збирання.

Комплексний Кейс (ПК-1 та ПК-2): Діагностика та ремонт гальмівної системи

Послідовність виконання завдання грунтується на реалізації алгоритму діяльності.

6 Студент здійснює первинну діагноститку підключаючи сканер і зчитуючи код (наприклад, С0035 – несправність датчика швидкості переднього лівого колеса). Студент не повинен одразу замовляти новий датчик, а зобов’язаний верифікувати проблему.

7 Використовуючи мультиметр у симуляторі студент здійснює електричну перевірку живлення та опорур електропроводки до датчика. Якщо показники в нормі, діагностика переходить до механічної частини.

8 Студент переходить до механіки у 3D-режим огляду колеса та бачить, що гребінка ABS (магнітне кільце) має механічне пошкодження або забруднення. Це вказує, що причина не в електроніці, а в механічному впливі.

9 Студент повинен виконати ремонті роботи, проводить демонтаж вузла (ступиці) та заміну гребінки ABS у віртуальному просторі, демонструючи правильність використання знімачів, очищення посадкових місць та фінальне затягування кріплень.

10Після завершення ремонтних робіт студент здійснює фінальний запуск сканера для скидання помилки та перевірка Live\ Data у динаміці, що підтверджує коректність ремонту.

Критерії оцінки:

- системність мислення, логічний перехід від електричної діагностики до механічної (якщо перевірка проводки в нормі, не потрібно замінювати датчик);
- економічна доцільність, прийняття рішення про заміну лише гребінки, а не всього датчика/блоку ABS.
- Обґрунтування студентом, чому він не довірився коду C0035 як кінцевому діагнозу, а провів додаткову механічну верифікацію.

ДОДАТОК В

(обов’язковий)

Дані педагогічного експерименту

Таблиця В.1 показує, як змінився відсотковий розподіл студентів за якісними рівнями (низький, середній, високий) після формувального етапу.

Таблиця В.1 – Динаміка розподілу студентів за рівнями сформованості ПК-1

Рівень сформованості ПК-1 (діагностична компетентність)	Констатувальний етап (вихідний зріз, середнє для КГ та ЕГ)	Контрольна Група (КГ, %)	Експериментальна Група (ЕГ, %)
Низький (Н) (0–59 балів)	30%	24%	4%
Середній (С) (60–79 балів)	50%	56%	36%
Високий (В) (80–100 балів)	20%	20%	60%

Таблиця В.2 містить середні кількісні значення (бали, час, помилки), необхідні для розрахунку t-критерію Стьюдента та підтвердження якісної переваги.

Таблиця В.2 – Порівняння середніх показників успішності та ефективності

Показник	Одиниця виміру	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)
Середній інтегральний бал (ПК-1, ПК-2)	бали (max 100)	70.8	84.5
Середній час виконання завдання	хвилини	48.5	31.7

Показник	Одиниця виміру	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)
Середня кількість помилкових кроків (неефективні дії)	одиниці	6.4	2.5
Стандартне відхилення (S)	бали	8.1	6.5

Дані для статистичного аналізу (t-критерій Стьюдента) - для офіційного підтвердження статистичної значущості різниці між середніми балами продемонструємо отримані результати:

Таблиця В.3 – Дані для статистичного аналізу

Статистичний показник	Значення
Середній бал (M) КГ	70.8
Середній бал (M) ЕГ	84.5
Кількість студентів (N)	25
Рівень значущості (p)	0.01
Розраховане значення t-критерію	6.35
Критичне значення t-критерію (для $p < 0.01$)	2.68

Оскільки розраховане t = 6.35 > Критичне t =2.68, різниця між групами є статистично значущою, що підтверджує ефективність методики СТ.

ДОДАТОК Г

(обов’язковий)

Діаграма 1 «Порівняння середніх інтегральних балів»

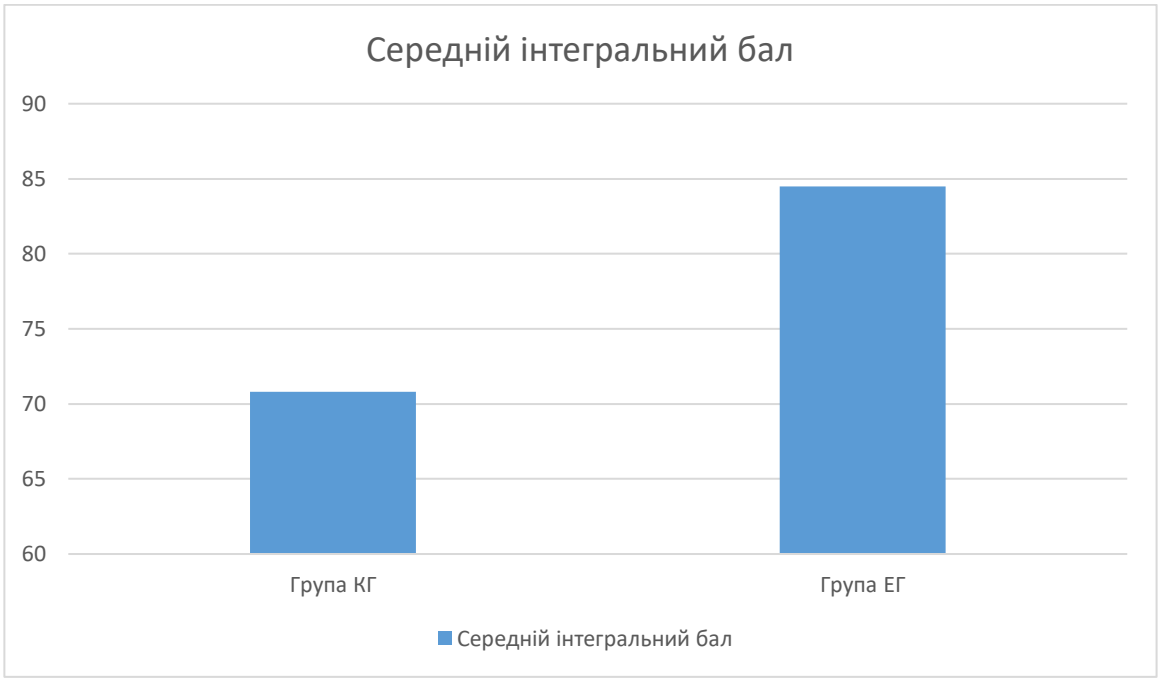

Рисунок Г.1 – Діаграма 1 «Порівняння середніх інтегральних балів»

ДОДАТОК Д

(обов’язковий)

Діаграма 2 «Порівняння операційної ефективності»

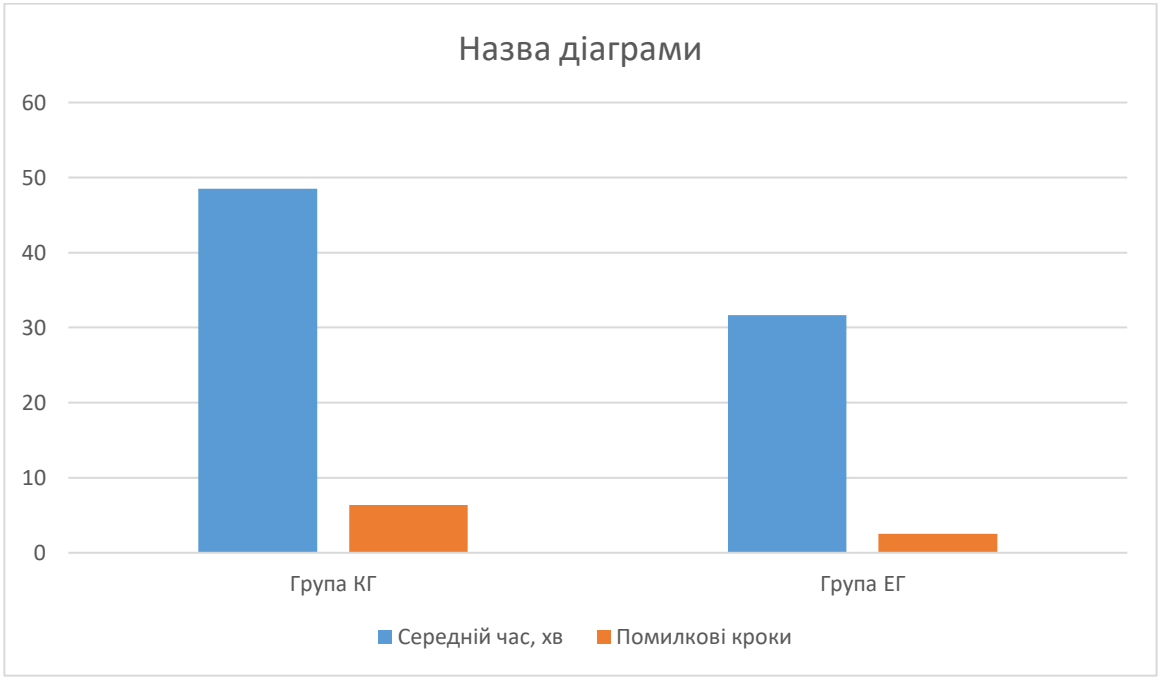

Рисунок Д.1 – Діаграма 2 «Порівняння операційної ефективності»