

## СТРАТЕГІЯ, ЗМІСТ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З ВИЩОЮ ТЕХНІЧНОЮ ОСВІТОЮ

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-168-3-90-99>

УДК 629.017

**В. П. Волков**<sup>1</sup>  
**Н. В. Внукова**<sup>1</sup>  
**О. І. Позднякова**<sup>1</sup>  
**Т. В. Волкова**<sup>1</sup>  
**В. П. Кужель**<sup>2</sup>  
**І. В. Віштак**<sup>2</sup>

### МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕЦИКЛІНГУ АВТОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ

<sup>1</sup>Харківський автомобільно-дорожній університет;

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

*Метою роботи є розробка методології та програми підготовки фахівців до організації виробничої діяльності у галузі транспортних машин та технологій так, щоби забезпечити раціональніше природокористування та мінімізацію наслідків як від виробництва, так і від експлуатації та утилізації транспортних засобів на стан довкілля за використання нових ресурсощадних технологій.*

*Методика викладання дисципліни базується на використанні інноваційних методів навчання та освітніх технологій, а саме: методів синектики, багатовимірних матриць, вільних асоціацій, евристичних запитань, неімітаційних методах навчання та методу інверсії, який орієнтований на пошук ідей для вирішення творчого завдання у нових, несподіваних напрямках.*

*Результати: розроблено силабус вибіркової дисципліни для магістрів спеціальностей «101 Екологія» та 274 «Автомобільний транспорт». Силабус дисципліни складається з теоретичного курсу лекцій та циклу практичних робіт. У лекційному курсі передбачено блок лекцій, який знайомить здобувачів другого рівня освіти з екологічними аспектами сучасних технологій утилізації металевих деталей автотранспортних засобів, екологічно безпечними методами утилізації акумуляторних батарей та каталітичних нейтралізаторів. У другому блоці аналізуються сучасні технології утилізації неметалевих деталей автомобілів, а саме полімерів, мастильних матеріалів та зношених шин. Особливу увагу приділено аналізу різноманітних засобів застосування продуктів рециклінгу автокомпонентів в процесі виробництва промислової продукції. Під час розробки циклу практичних робіт використано методи інверсії, багатовимірних матриць, комп'ютерних технологій тощо. Для перевірки знань передбачено тестові завдання різного рівня та іспит.*

*Наукова новизна роботи полягає в розробці матеріалів та створенні нової дисципліни для підготовки фахівців, спроможних брати участь у створенні нової для України галузі промисловості — авторециклінгу.*

*Практична значимість роботи полягає у можливості використання результатів роботи для розробки навчальних планів різних дисциплін широкого кола спеціальностей, спрямованих на вирішення питань раціонального природокористування.*

**Ключові слова:** інноваційні методи освіти, рециклінг, раціональне природокористування, екологічно чисті технології, утилізація відходів, компоненти автомобілів.

#### Вступ

Кожного року, як відомо, звалища всього світу поповнюються близько 10 млн. т відходів від автомобілів, що відпрацювали свій строк. На сьогодні саме екологічна безпека щодо повного життєво-

го циклу є одним з основних показників, який визначає як якість, так і конкурентоспроможність автомобілів на ринку. У розвинутих країнах вже сформувалася сучасна всеохоплююча багаторівнева система ідентифікації та паспортизації автомобільних компонентів і матеріалів, з яких вони виготовлені, проводиться тестування, сертифікація та ухвалення категорій транспортних засобів саме з позиції їхньої екологічної безпеки. У країнах ЄС введена заборона на використання в автомобільних матеріалах токсичних металів, речовин, які руйнують озоновий шар. Автомобілевиробники в свою чергу зобов'язані враховувати норми захисту довкілля і забезпечувати екологічну безпеку автомобілів вже на стадії навіть проектування нових моделей. Розроблені та впроваджені економічні механізми стимулювання діяльності підприємств з утилізації автомобілів. За такої організації авторециклінгу вони стають прибутковою галуззю виробництва, яка забезпечує мільйони робочих місць у розвинутих країнах світу та сприяє захисту довкілля, збереженню природних ресурсів за рахунок утилізації та рециклінгу відходів [1].

На сьогодні в Україні ще тільки почала формуватися система авторециклінгу і для її розвитку та впровадження у виробництво потрібні спеціалісти, які будуть обізнані у питаннях захисту довкілля та ресурсозбереження у процесі утилізації транспортних засобів. На жаль в Україні досі відсутній закон, який регламентує саме діяльність підприємств, які мають займатися утилізацією транспортних засобів, що відпрацювали свій строк. Вже на початку 2011 року в структурі автопарку України все ще було близько 2,1 млн легкових автомобілів, вироблених до 1985 року. Обсяги щорічної утилізації їх можуть скласти 210 тис. автомобілів на рік. Останнім часом в Україні проектується і будуються нові сучасні підприємств, які займатимуться саме утилізацією відпрацьованих мастил, акумуляторних батарей (АКБ), перспективним є створення «шредерних» заводів для утилізації автомобільних кузовів та шин. Нажаль військові дії на території України зупинили чи відтермінували процес запуску подібних підприємств, проте на перспективу слід готувати фахівців, які зможуть створити і взяти активну участь у формуванні системи авторециклінгу по закінченню війни.

Автомобіль, звісно, є невід'ємною частиною людського життя, але він також негативно впливає на навколишнє середовище. Чинників шкідливого впливу автомобілів на навколишнє середовище і конкретно на організм людини надзвичайно багато на всіх етапах життєвого циклу автомобіля — під час виробництва, експлуатації, обслуговування і ремонту і утилізації транспортних засобів. Негативно впливає не лише власне автомобіль, але і вся супутня інфраструктура — від його виробництва і обслуговування до утилізації. Через це варто досліджувати, детально аналізувати вплив на довкілля саме всього комплексу автомобілебудівних заводів, транспортних підприємств, станцій технічного обслуговування, автотранспортних та авторемонтних підприємств, навіть мережі автомобільних доріг і ін. На відміну від України в розвинутих країнах світу приділяється велика увага саме питанню переробки вторинної сировини і різних видів виробничих відходів, оскільки це дозволяє вирішити багато технологічних, економічних та екологічних завдань, а саме: переробити і повернути у сферу виробничої діяльності цінні та дефіцитні матеріали, знизити енергетичні затрати, запобігти, чи хоча б суттєво скоротити, викиди шкідливих речовин і токсичних продуктів у природне середовище.

Актуальність роботи пояснюється тим, що на сучасному етапі розвитку людства автомобільний транспорт на жаль є потужним джерелом викидів шкідливих речовин в атмосферу та джерелом утворення відходів. Розбудова системи утилізації та рециклінгу таких відходів дозволить забезпечити раціональне природокористування, уникнути утворення масштабних звалищ відпрацьованих транспортних засобів та забезпечити екологічну безпеку територій. До того ж продукти утилізації таких відходів можуть знайти широке застосування в дорожньо-будівельній та автомобільній галузях.

*Метою роботи є розробка методології та програми підготовки фахівців до організації виробничої діяльності у галузі транспортних машин та технологій.*

## **Результати дослідження**

### **Роль дистанційної освіти в міжнародній практиці вищої школи**

У XXI ст., як відомо, саме дистанційна освіта вимушено стала найпопулярнішим навчальним форматом навіть вищої школи. Раніше велика частина напрацювань дистанційної освіти була лише в галузі гуманітарних наук або технічних дисциплін (спеціальних) та погано пристосована до викладання дисциплін природничо-наукового напрямку у вищій школі [2].

Знову ж таки, у XXI ст. роль дистанційної освіти у внутрішньодержавній і у міжнародній прак-

тиці вищої школи зазнала суттєвих змін. Вона перетворилася в одну з найпопулярніших і високо-ефективних моделей, яка застосовується в усьому світі. Отже під дистанційною освітою традиційно розуміється виключно процес індивідуального освоєння інформації (навіть самостійного) за допомогою цифрових технологій (платформ для дистанційної освіти), без очної присутності викладача в аудиторії, викладач стає свого роду координатором навчального процесу [3]—[5]. Вже на початку 2000-х рр. основні принципи дистанційного навчання активно розробляються і впроваджуються в університетах світу. У 1980-ті рр. такий формат навчання здобув популярність в Австралії, а з 2008 р. такі технології запроваджував і пропонував майже кожен університет як в США, так і більшість закладів вищої освіти в Європі. Особливої важливості набувають (саме в практиці сучасної освіти) методи роботи, які стимулюють саме самостійну діяльність (опрацювання матеріалу, виконання різних робіт) здобувачів вищої освіти.

У 2015 р. вже Міжнародна рада з відкритої і дистанційної освіти (International Council for Open and Distant Education) опитала 427 респондентів, які проходили навчання на усіх континентах світу і встановлено головну перевагу дистанційних освітніх технологій для здобувачів різних країн, цією перевагою стала саме можливість поєднувати навчання з роботою [3], [6].

Сучасна дистанційна освіта також пропонує безліч різноманітних форматів і інструментів навчання: тестування, контрольні зрізи, тренажерні, що моделюють реальні процеси і явища, демонстраційні програми і відеоролики, автоматизовані навчальні системи, програми віртуальної реальності для навчання, електронні підручники, посібники, методичні матеріали, також інтелектуальні та навіть експертні навчальні системи тощо. Особливого значення це набуло у сучасних складних умовах в нашій державі, коли навіть знані заклади вищої освіти не мають розвинутої сучасної матеріально-технічної і експериментальної бази для практичного засвоєння матеріалу з технічних та природничо-наукових дисциплін [5]—[7].

Найпоширенішим варіантом є власне поєднання традиційної очної моделі та інноваційних підходів дистанційного навчання. Це створює можливість гнучкого поєднання саме самостійної роботи з різними джерелами інформації, а також з навчальними матеріалами та систематичною взаємодією з провідними викладачами, консультантами та лаборантами. Природничо-наукові дисципліни і собі стають центром фундаментальної підготовки здобувачів екологічних спеціальностей.

### **Педагогічні передумови застосування технології дистанційного навчання**

Педагогічні передумови застосування саме дистанційного навчання розроблені та адаптовані до наявних умов викладання у закладах вищої освіти. Відомі особливості моделі викладання, яка полягає в поєднанні трьох базових структурних складових [2], [4], [8]: інформаційної; психолого-педагогічної та кібернетичної.

Інформаційна складова зокрема включає саме методи дистанційного навчання, які використовують контент навчального матеріалу. Важливою є вимога доступності матеріалу для здобувачів, новизна інформації, зв'язно переосмислення відомого матеріалу, а також демонстрація практичної важливості теми. Ця модель передбачає взаємодію на різних рівнях здобувача вищої освіти та викладача. Значний акцент ставиться, зв'язно, на самостійну роботу здобувача.

Психолого-педагогічна складова вже спрямована на підвищення саме творчої активності, розвитку у здобувачів впевненості в собі, як внутрішньої організованості, так і здатності до співпраці з колегами та орієнтації на успіх. Вона базується на активній взаємодії з викладачем, аналізі результатів, тестуванні, спостереженнях, бесідах, навіть на анкетуванні з використанням, наприклад, засобів математичної обробки даних. Для магістрів (здобувачів другого рівня освіти), які у майбутньому зможуть працювати саме викладачами у закладах вищої освіти, особливе значення має зв'язно розвиток в собі таких рис характеру: толерантність, вміння надихнути власним прикладом колектив для досягнення вибраних цілей, корисним буде і вміння приймати невдачі, з погляду простого набуття досвіду, який допоможе досягти мету. Необхідно виховати саме всебічно розвинуту особистість, ґрунтовно обізнану у різних галузях науки і техніки, культури.

Кібернетична ж складова включає як всі можливі способи так і технічні інструменти для отримання, переробки і зберігання інформації, починаючи від інформаційних мереж і закінчуючи програмами віртуальної реальності. Ця складова має на меті освоєння як викладацьким складом, так і здобувачами вищої освіти насамперед інноваційних технологій навчання (цифрових).

Така модель характеризує саме сучасні наукові підходи щодо дистанційного навчання і пропонує нові підходи і механізми, призначені для реформування системи навчання в закладах вищої

освіти. Залучення саме здобувачів вищої освіти в систему організованих умов (психологічних) навчальної діяльності в рамках дистанційного навчання посприє розвитку їхніх здібностей до самостійності в сучасних умовах, які станом на сьогоднішній день ускладнені одночасною дією війни та наслідками COVID-19 в Україні [8].

Звісно суттєві відмінності від звичайного спланованого онлайн-навчання на основі масових відкритих онлайн-курсів дасть в результаті прискорений перехід до навчання в дистанційний формат в умовах наслідків пандемії та військових дій. Освітні установи змушені пристосовуватись до нових реалій, працювати зі здобувачами вищої освіти іноді виключно дистанційно з метою зниження ризиків поширення COVID-19 та в умовах війни, всі сторони навчального процесу повинні усвідомлювати цю різницю саме для оцінки ефективності «онлайн-навчання» із застосуванням дистанційних технологій [9]. Викладачі також змушені швидко навчатися, щоб організувати навчальний процес за допомогою дистанційних технологій навчання на основі різних платформ чи способів доставки електронного контенту і сучасних інструментів комунікації [10]. Все вищевикладене звісно також стосується природничо-наукових дисциплін для магістрів (здобувачів другого рівня освіти) зі спеціальності 101 «Екологія» у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) та спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ).

Отже, екологічна безпека в повному життєвому циклі автомобіля є одним з основних показників для визначення якості і конкурентоспроможності автомобілів на ринку. Утилізація автомобілів, які відпрацювали свій строк, зрозуміло вимагає розвитку як інфраструктури, так і законодавчої бази для регламентації взаємодії всіх учасників процесу розробки, експлуатації та утилізації автомобілів. Станом на сьогоднішній день жоден продукт чи виріб масового виробництва не регламентується такою кількістю як законів, норм так і вимог, не характеризується такою підвищеною увагою під час його експлуатації, обслуговуванні і ремонті, не утилізується з такою ретельністю, як автомобіль. Провідні країни світу розробляють усе жорсткіші вимоги і нормативи до виробників продукції для мінімізації негативної дії на довкілля за весь життєвий цикл автомобіля. Заводи-автовиробники змушені враховувати питання захисту довкілля і забезпечення екологічної безпеки автомобілів ще навіть на стадії проектування і розрахунків нових моделей. Відомо, що автомобілі, які відпрацювали свій строк, в кінці терміну служби мають майже ідентичну масу і той же склад компонентів і матеріалів, як і в нового автомобіля і тому є джерелом вторинної сировини як для виробництва чорних, кольорових металів, так і гумовотехнічних виробів, пластиків та пластмас.

Найскладніше робити перші кроки на шляху впровадження обов'язкової утилізації автомобілів, запустити процеси оформлення необхідних паперів, передачі транспортних засобів, які відпрацювали свій строк, в спеціалізовані установи для утилізації, забезпечити збір, транспортування, проведення екологічно безпечного демонтажу вузлів і агрегатів, злив всіх експлуатаційних рідин. У країнах ЄС ще з 2015 року виготовляються такі автомобілі, за утилізації яких на звалища будуть потрапляти лише 5 % від їхньої маси. За такої організації рециклінг стане прибутковою галуззю з великою кількістю робочих місць

### **Організація і впровадження ефективної системи авторециклінгу**

Організація і впровадження ефективної системи авторециклінгу в Україні дозволить вирішити низку найважливіших екологічних питань і забезпечити нові фінансові надходження до бюджету країни. Зазначимо, що більше ніж у 50 країнах світу вже впроваджені системи авторециклінгу та тривалий час успішно працюють підприємства з переробки майже всіх матеріалів, вузлів, агрегатів автомобілів, які одержують після завершення їхнього життєвого циклу. В Україні, на жаль, ще не розроблено програми чи системного підходу для впровадження обов'язкової утилізації автотранспортних засобів. Хоча деякі спроби впровадження закону про утилізацію автотранспортних засобів вже зроблені в 2014 році в Україні, проте ці спроби не мали успіху. Не дивлячись на це, в країні є велика кількість старих автомобілів, які не відповідають сучасним екологічним вимогам і стандартам, ця ситуація потребує негайного вирішення і організації в Україні сучасної системи рециклінгу транспортних засобів (ТЗ).

Таким чином, з метою впровадження системи авторециклінгу в Україні необхідно негайно готувати фахівців, які будуть володіти знаннями, вміннями та навичками не тільки в питаннях конструкції та експлуатації автомобілів, а також і їхньої утилізації із застосуванням ресурсо- та енергоощадних сучасних технологій.

Беручи до уваги ці чинники на кафедрі екології ХНАДУ розроблено і впроваджено нову дисципліну для підготовки фахівців до організації та регулювання процесів виробничої діяльності у галузі транспортних машин та технологій саме таким чином, щоб забезпечити раціональне природокористування з мінімальною шкодою від виробництва, експлуатації та утилізації ТЗ для навколишнього середовища.

Предметом дисципліни є закономірності формування системи рециклінгу автомобілів і автокомпонентів та специфічні особливості екологічних аспектів технологічних процесів вторинної переробки та рециклінгу ТЗ.

Головні розділи силабусу дисципліни відображені у підручниках [1], [11], [15]. Навчальна дисципліна «Екологічні аспекти рециклінгу автомобілів» викладається для здобувачів другого рівня освіти за спеціальністю 101 «Екологія» та 274 «Автомобільний транспорт».

Основні задачі дисципліни — це формування у здобувачів як знань та вмінь, так і уявлень про сучасний світовий досвід організації системи утилізації ВЕА, використання ресурсощадних та природоохоронних технологій рециклінгу ТЗ після закінчення терміну їхнього життєвого циклу та умови їхнього використання у промисловому виробництві в Україні. В результаті вивчення дисципліни магістр (здобувач другого рівня освіти) повинен знати:

- стан питання та передовий досвід розвинутих країн у формуванні законодавчо-нормативної бази та організації утилізації автомобілів, які відпрацювали свій строк;
- особливості технологій і процесів переробки металевих деталей, які відпрацювали свій строк;
- особливості підходів, принципів і процесів маркування та переробки пластмасових деталей, які відпрацювали свій строк;
- сучасні підходи ресурсозбереження та утилізації автокомпонентів, а саме: акумуляторних батарей (АКБ), двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), каталітичних нейтралізаторів, електричного та електронного обладнання, пластмасових деталей, та зношених шин;
- існуючі закономірності процесів рециклінгу робочих рідин та шляхи їхнього застосування чи можливого використання у виробництві;
- основні можливі напрямки промислової, економічної чи іншої діяльності, які необхідні для організації системи авторециклінгу саме в Україні.

В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен вміти: використовувати міжнародну довідкову та нормативну літературу в галузі як вторинної переробки, так і рециклінгу ТЗ; аналізувати та ідентифікувати пластмасові деталі автомобілів з метою їхнього подальшого сортування під час вторинної переробки; визначати коефіцієнти рециклінгу та утилізації ТЗ, ухвалювати рішення щодо напрямків їхньої подальшої утилізації; зі спеціалізованим програмним забезпеченням визначати шляхи зменшення впливу автотранспортних засобів на довкілля, використовуючи альтернативні палива; розраховувати енергоефективність у разі застосування паливних сумішей на основі традиційних ресурсів та зношених автомобільних шин.

### **Структура силабусів дисциплін «Екологічні аспекти рециклінгу автомобілів» та «Промислово-транспортна екологія»**

Структура силабусів дисциплін «Екологічні аспекти рециклінгу автомобілів» та «Промислово-транспортна екологія» формується як з теоретичного курсу лекцій, так і циклу практичних занять та складається з трьох блоків.

У першому блоці вивчаються питання, які стосуються формування законодавчо-нормативної бази у галузі утилізації ТЗ. Аналізується сучасний стан проблеми утилізації ТЗ, які відпрацювали свій строк, та визначаються основні задачі з переробки та утилізації автотранспортних і інших відходів.

У другому блоці аналізуються технології утилізації металевих деталей транспортних засобів, а саме специфічні особливості переробки лому чорних і кольорових металів автотранспортних засобів. Основна увага приділяється викладанню інформації щодо екологічних аспектів технологічних процесів утилізації лому вже свинцевих акумуляторів. Суттєве зростання в останні роки виробництва електромобілів спричинило на наступному етапі утворення специфічних відходів літій-іонних акумуляторів, кількість яких у майбутньому буде швидко зростати. Тому окрема тема — це аналіз екологічної складової таких приладів протягом усього життєвого циклу та екологічним аспектам сучасних технологій утилізації токсичних компонентів літій-іонних (Li-ion) акумуляторів.

Відпрацьовані каталітичні нейтралізатори в останні роки стають потужним джерелом вторин-

ної платини та інших металів платинової групи. Визначення еколого-економічних проблем та переваг різних технологій їхньої утилізації вивчається в окремому розділі.

У третьому змістовному блоці вивчаються питання утилізації неметалевих деталей БЕА. Обґрунтовується необхідність використання Міжнародної системи та бази даних автомобільних компонентів і матеріалів IMDS і GADSL під час розробки, проектування, експлуатації та утилізації автомобілів [12], [13]. Наводяться вимоги міжнародних стандартів до маркування та застосування пластмас в автомобілях. Характеризується стан проблеми утилізації мастильних матеріалів в світі та Україні.

Особлива увага, звісно, приділяється ресурсощадним технологіям для утилізації зношених шин. Наводиться аналіз стану проблеми утилізації зношених шин як в країнах ЄС та в світі, так і в Україні. Вивчаються екологічні аспекти та особливості процесу спалювання шин в цементних печах. Розглядаються наявні технології і різновиди технологічних процесів саме подрібнення зношених шин механічними методами (шредерами), зокрема і українські технології і розробки в галузі механічного подрібнення шин. Вивчаються, звісно, і сфери практичного застосування одержаної гумової крихти зі зношених шин. Аналізуються еколого-економічні аспекти технологій піролізу зношених шин та український досвід утилізації зношених шин методом піролізу. Визначається можливість використання також і продуктів піролізу шин для майбутнього виробництва альтернативних палив [14]. Цей напрямок є одним з головних напрямків наукової діяльності кафедри екології ХНАДУ. Результати багаторічних наукових досліджень викладені у трьох монографіях, багатьох статтях та дозволили створити 6 патентів і 3 авторських свідоцтва. Наукові дослідження втілені у навчальний процес.

### **Впровадження у навчальний процес**

Теоретичні знання здобувачі закріплюють на практичних заняттях, які мають різну тематику [15].

На перших заняттях, зазвичай, знайомляться з особливостям вивчення дисципліни, видам робіт і завдань, засвоєнню здобувачами підходів і методів оцінки ступеня рециклінгу та ступеня утилізації відпрацьованих автомобілів. У своїх розрахунках здобувачі повинні використовувати сучасні методики зі стандартів ISO та засвоїти підходи користування міжнародними базами даних автомобільних компонентів та матеріалів. Далі опановують методику розрахунку коефіцієнтів рециклінгу і утилізації автомобіля після закінчення терміну їхньої експлуатації, також розрахунки проводяться відповідно до етапів розбирання вузлів і агрегатів: підготовка до утилізації; демонтаж; відділення металів; переробка неметалевих залишків.

На етапі «підготовка до утилізації» в розрахунок включають маси таких вузлів: акумуляторні батареї (АКБ); масляні фільтри; баки (балони) для зрідженого/стисненого природного газу; каталітичні нейтралізатори; амортизатори; тип холодоагентів в системі кондиціювання повітря; рідини для омивання скла і фар, рідини в гідравлічній підвісці. На «етапі демонтажу» визначають компоненти, які придатні для повторного використання і рециклінгу. На «етапі сортування металів» визначають масу матеріалів, як різницю між масою металів у автомобіля та тою масою, яка врахована у визначенні попередніх двох етапів. Отримані результати дозволяють здобувачам зробити висновки про відповідність транспортних засобів вимогам Директив ЄС.

Для вирішення питання щодо напрямків утилізації полімерних автомобільних матеріалів здобувачі засвоюють саме експрес методи ідентифікації автомобільних полімерних компонентів. Ці методи ґрунтуються на використанні якісних специфічних реакцій, які дозволяють розділяти термопластичні та терморезистивні полімери. Вони базуються на застосуванні реакцій забарвлення полум'я, дії різних розчинників, різниці у густині тощо. Застосування таких реакцій не вимагає наявності коштовної спеціальної апаратури, що особливо зручно у складних сучасних умовах, але дозволяє відносно точно вирішити питання: чи можливий рециклінг будь-яких інших полімерних деталей, або їхнє використання як альтернативного палива, чи поховання на звалищах. Візуальні ефекти таких реакцій можливо продавати у відео файлах, які можна додати в електронний курс дисципліни.

Наприклад, один з дослідів дозволяє визначити пластмаси за характером їхнього горіння, оскільки спалювання зразків пластика — це досить надійний спосіб їхньої ідентифікації. Здобувачі проводять аналіз поведінки зразка пластмаси у відкритому джерелі вогню, а також продуктів супутнього процесу окислення (характер горіння, запах, що виділяється, звук). Отримані результати порівнюють з відомою поведінкою стандартних зразків пластмас під час горіння. Більшість полі-

мерів горять, але характер їхнього горіння різний. Одні горять з тріском, а інші горять полум'ям, що коптить. Всі ці ознаки, з урахуванням визначення запаху під час горіння полімеру, допомагають визначити його вид.



Рис. 1. Приклади горіння та самозатухання полімерів

Відомо, що термореактивні полімери після винесення їх з полум'я згортаються, а термопластичні продовжують горіти. На рис. 1 показано два зразки полімерів: перший яскраво горить (термопласти), а другий — самозагасає (реактопласт). За результатами експерименту можна розділити суміш пластмас на дві групи: термопластичні полімери, які підлягають рециклінгу та термореактивні, з яких неможливо отримати вторинну сировину і вони тому підлягають спалюванню, або похованню на спеціальних полігонах.

За допомогою спеціальної комп'ютерної програми екологічного калькулятора визначається вплив на довкілля ТЗ протягом усього життєвого циклу. Програму створено фахівцями корпорації Вольво для оцінки витрат енергії, води, емісії основних токсичних речовин відпрацьованих газів та діоксидів вуглецю для тягачів Вольво [16]. На рис. 2 показано приклад комп'ютерного розрахунку кількості використання природних ресурсів та емісії забруднювальних речовин протягом життєвого циклу вантажівки VOLVO FL у разі застосування біодизельного палива В7. Таке паливо складається з традиційного дизельного палива та 7% додатку естерів, які отримані з рослинної сировини. Аналогічні розрахунки проводили для усіх моделей тягачів Вольво за різних стандартів палива.

За результатами розрахунків здобувачі мають можливість оцінити ефективність застосування різних видів біодизельного пального у порівнянні з традиційним дизельним паливом та зробити висновки про його комплексний вплив на довкілля протягом усього життєвого циклу автотранспортного засобу.

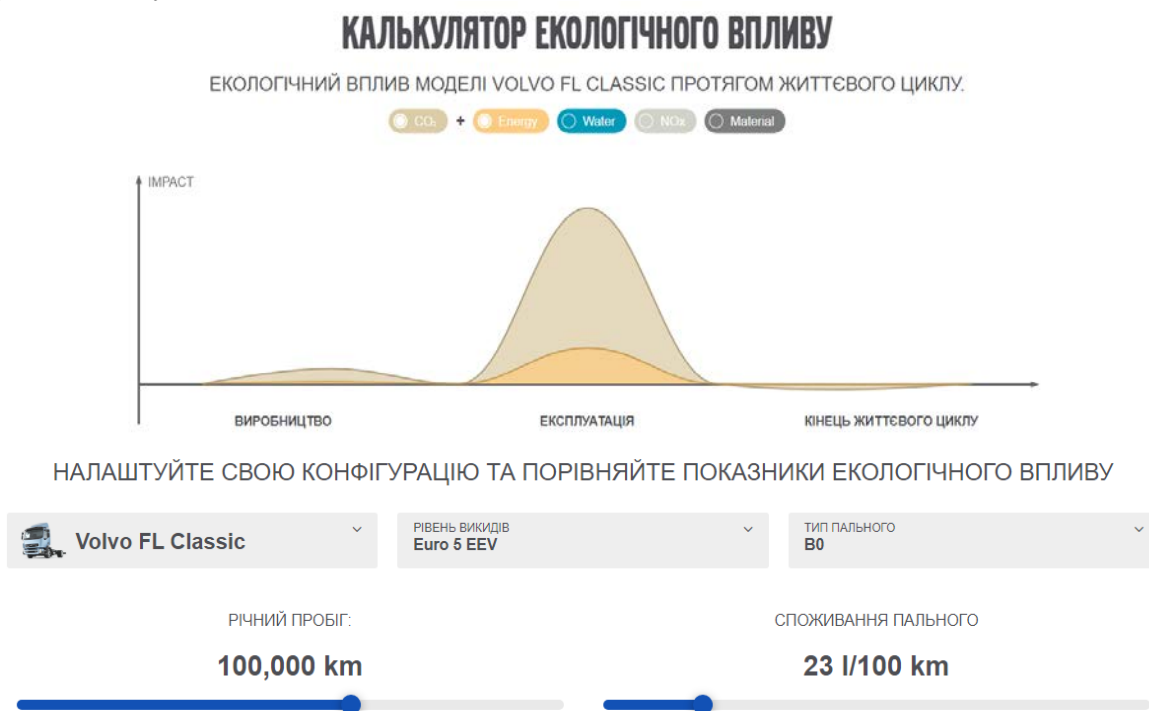


Рис. 2. Використання природних ресурсів та емісія забруднювальних речовин протягом життєвого циклу вантажівки VOLVO FL Classic

Результати практичної роботи дають здобувачам змогу усвідомити, що для оцінки ефективності тих чи інших напрямків поліпшення стану довкілля необхідно застосовувати саме комплексний підхід, який аналізує діяльність ТЗ протягом усього його життєвого циклу до утилізації.

Такий підхід дозволяє знайти співвідношення (оптимальне) між позитивними та негативними наслідками застосування будь-якого рішення, а саме біодизеля, наприклад, і не допустити зростання споживання саме природних ресурсів та емісії одних речовин (оксиди азоту, вода) зі змен-

шенням впливу інших забруднювальних речовин на довкілля (таких як діоксид вуглецю).

Частка практичних робіт спрямована на визначення оптимальних умов утилізації автокомпонентів. Наприклад, здобувачі розраховують кількість реагенту, який необхідно додати у відпрацьований акумулятор для нейтралізації його електроліту і підготовці до подальших етапів рециклінгу.

Корисними є практичні завдання, на яких здобувачі визначають оптимальні умови утилізації зношених шин як часткового замітника традиційного вуглевмісного палива та оцінюють їхній вплив на ефективність роботи енергетичних установок.

Для перевірки знань здобувачів розроблено тестовий контроль різного рівня.

Він складався з 2 блоків тестів, які повністю охоплюють теоретичний лекційний матеріал.

Наприклад, для тестових завдань першого рівня пізнання — репродуктивного запропоновано таке завдання:

«Визначте, чи правильним є твердження у реченні: «На сьогодні основним матеріалом для виробництва корпусів акумуляторних батарей є поліпропілен, який не піддається рециклінгу».

Для другого рівня пізнання — репродуктивного розроблено, наприклад, таке завдання:

«Вставте пропущені слова (вислови, числа тощо) за логікою тексту і помістіть їх за призначенням у цей текст: «Методи переробки акумуляторного лому можна розділити на такі три групи».

Для другого рівня пізнання, але частково пошукового та алгоритмічного запропоновані такі умови виконання завдання:

«Знайдіть правильну відповідь серед наведених та вкажіть літеру правильної відповіді.

За мокрого методу отримання гумового асфальту:

А) гума зі зношених шин вводиться в бітум та перемішується;  
Б) гума зі зношених шин вводиться в мінеральні компоненти асфальтобетонних сумішей та перемішується;

В) гумова крихта розподіляється поверх готового дорожнього покриття, нагрівається та ущільнюється».

Тестові завдання третього рівня пізнання мають творчий характер. Наприклад, здобувачам запропоновано представити коротку відповідь на таке запитання:

«Наведіть головні положення Директиви 2003/128/ЄС «Про маркування пластмасових деталей автомобілів, що полегшує їхню ідентифікацію і раціональну утилізацію» та поясніть, яким чином ця Директива дозволяє визначати шляхи поводження з автомобільними компонентами на кінцевих етапах їхнього життєвого циклу».

Крім того, тестові завдання третього рівня пізнання передбачали, що здобувачі повинні знайти відповіді на такі запитання:

- що потрібно робити, для того щоб...;
- викладіть свій погляд щодо наведеної проблеми...;
- обґрунтуйте умови, які потрібні для того, щоб...

Наприклад, запропоновані такі завдання:

– визначте, що потрібно робити, для того щоб утилізація зношених шин спалюванням у цементних печах не шкодила довкіллю;

– обґрунтуйте умови, які необхідні для організації системи авторециклінгу в Україні. Назвіть головні етапи її впровадження у промисловість.

На думку авторів статті спеціалісти у галузі ресурсо- чи енергозбереження будуть дуже потрібні в Україні. Харківський національний автомобільно-дорожній університет та Вінницький національний технічний університет мають достатньо якісне методичне забезпечення та все необхідне для того, щоб проводити відповідну підготовку таких фахівців.

### Висновки

Як зазначалося наукова новизна роботи полягає в розробці матеріалів та створенні нової дисципліни яка посприє створенню нової для України галузі у промисловості, а саме авторециклінгу. Таким чином саме організація ефективної системи рециклінгу в Україні дасть змогу вирішити найважливіші екологічні питання, створити нові робочі місця і нові фінансові надходження до бюджету України. Зрозуміло, що після закінчення війни дуже велика кількість військової техніки, спорядження, зокрема і автомобілів, буде необхідно якісно утилізувати, що, з одного боку посприє поліпшенню стану довкілля, а з іншого — дозволить економити природні ресурси шляхом використання накопичених відходів.



В результаті авторами розроблено силабус нової вибіркової дисципліни для здобувачів другого рівня освіти — магістр, який складається з теоретичного курсу лекцій та циклу практичних занять з використанням сучасних інноваційних методів навчання та комп'ютерних спеціальних програм, що підкреслює практичну цінність роботи, яка полягає у можливості використання результатів цієї роботи саме для розробки навчальних планів різних дисциплін широкого кола спеціальностей, спрямованих на вирішення питань раціонального природокористування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Н. В. Внукова, В. П. Волков, І. В. Грицук, О. І. Позднякова, і Т. В. Волкова, *Екобезпека та ресурсозбереження при утилізації автомобілів*. Херсон, Україна: Видавництво ОЛДІ ПЛЮС, 2021.
- [2] А. І. Прокопенко, С. В. Підчасов, В. В. Москаленко, С. О. Доценко, і В. В. Лебедева, *Технології дистанційного навчання: методологія створення та супроводу навчальних курсів*. Харків, Україна: Мітра, 2019.
- [3] *Система електронного навчання ВНЗ на базі MOODLE*, Ю. В. Триус, Ред., Черкаси, Україна: ЧДТУ, 2012, 220 с.
- [4] В. М. Кухаренко, *Тьютор дистанційного та змішаного навчання*. Київ, Україна: Міленіум, 2019.
- [5] Claus Nygaard, Geoffrey Crisp, Kayoko Enomoto, and Richard Warner, *Teaching and Learning Practices in Higher Education*. Australia: Libri Publishing Ltd. Innovative, 2018. ISBN: 9781911450351 .
- [6] John Branch, Sarah Hayes, Anne Hørsted and Claus Nygaard. *Innovative Teaching and Learning in Higher Education*, pp. 444, 2017. ISBN: 9781911450085 .
- [7] *Сучасні платформи для дистанційного навчання: широкий вибір, безмежні можливості*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://hrdocs.ru/poleznaya-informacziya/sovremennyye-platformy-dlya-distanczionnogo-obucheniya-shirokij-vyibor-bezgranichnyie-vozmozhnosti> . Дата звернення: 29.04.2020.
- [8] В. Г. Гетта, та ін., *Дистанційне навчання: дидактика, методика, організація*. Чернігів, Україна: ЧНПУ, 2017.
- [9] В. Бакіров, і М. Огарков, «Пандемія може назавжди змінити вищу освіту,» *Дзеркало тижня*. 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zn.ua/ukr/EDUCATION/pandemija-mozhe-nazavzhdi-zminiti-vishchu-osvitu.html> .
- [10] О. С. Воденнікова, Л. В. Воденнікова, і Л. П. Гайдук, «Застосування дистанційного навчання в закладах вищої освіти,» на *Бъдецитне изследвания, XVI Міжнар. наук.-практ. конф.*, Софія, 2020, с. 9-12:
- [11] Н. Внукова, і О. Позднякова, «Методологічні основи підготовки фахівців до застосування ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій в автомобільно-дорожній галузі України в умовах дистанційної освіти,» in *Theoretical foundations of pedagogy and education: collective monograph. Section — Theory, practice and teaching methods*. Boston: Primedia eLaunch, 2022, pp. 497-510. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.MONO.PED.2> .
- [12] International Material Data System (IMDS), 2020. [Electronic resource]. Available: <http://www.mdsystem.com> .
- [13] Global Automotive Declarable Substance List (GADSL), 2012. [Electronic resource]. Available: <http://www.gadsl.org> .
- [14] А. В. Гриценко, Н. В. Внукова, і О. І. Позднякова, «Сучасне спалювання продуктів піролізу шин та деревних пелетт,» *Енергетика*, т. 64, № 4. с. 363-376, 2021. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2021-64-4-363-376> .
- [15] Н. В. Внукова, та О. І. Позднякова, «Ресурсозберігаючі та природоохоронні технології на транспорті,» *Свідоцтво про авторське право на службовий твір науково-практичного характеру № 58460*, 05.02.2015 р.
- [16] V. Volkov, N. Vnukova, I. Taran, O. Pozdnyakova, and T. Volkova, "Influence of diesel vehicles on the biosphere," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 5, pp. 94-99, 2021. [Electronic resource]. Available: <https://isg-konf.com/theoretical-foundations-of-pedagogy-and-education-2/> .

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 30.03.2023

**Волков Володимир Петрович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: [volf-949@ukr.net](mailto:volf-949@ukr.net) ;

**Внукова Наталія Володимирівна** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри екології, e-mail: [vnukovanv@ukr.net](mailto:vnukovanv@ukr.net) ;

**Позднякова Олена Ігорівна** — канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри екології, e-mail: [pei.xadi@gmail.com](mailto:pei.xadi@gmail.com) ;

**Волкова Тетяна Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: [wolf949@ukr.net](mailto:wolf949@ukr.net) .

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків;

**Кужель Володимир Петрович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортно-го менеджменту, e-mail: [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua) ;

**Виштак Інна Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: [vishtakiv@vntu.edu.ua](mailto:vishtakiv@vntu.edu.ua) .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. P. Volkov<sup>1</sup>  
 N. V. Vnukova<sup>1</sup>  
 O. I. Pozdniakova<sup>1</sup>  
 T. V. Volkova<sup>1</sup>  
 V. P. Kuzhel<sup>2</sup>  
 I. V. Vishtak<sup>2</sup>

## Methodological Fundamentals of Training Specialists for the Implementation of the Car Recycling System in Ukraine

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Road University;

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University

*The purpose of the work is to develop a methodology and program for training specialists for the organization of production activities in the field of transport vehicles and technologies in a way that would ensure rational environmental management and minimization of the consequences of the production, operation and disposal of motor vehicles on the state of the environment using resource-saving technologies.*

*The method of teaching the discipline is based on the use of innovative teaching methods and educational technologies, namely: methods of synectics, multidimensional matrices, free associations, heuristic questions, non-imitation teaching methods and the inversion method, which is focused on finding ideas for solving a creative task in new, unexpected directions.*

*Results: the syllabus of the selective discipline was developed for the masters of specialties "101 Ecology" and 274 "Automobile transport". The syllabus of the discipline consists of a theoretical course of lectures and practical works. The lecture course includes a block of lectures that acquaints the students with the 2nd level of education with the environmental aspects of modern technologies for recycling metal parts of motor vehicles, environmentally safe methods of recycling batteries and catalytic converters. The second block is devoted to the analysis of modern technologies for recycling non-metallic car parts, namely polymers, lubricants and worn tires. Special attention is paid to the analysis of various means of application of auto component recycling products in the production of industrial products. In the development of the cycle of practical works, methods of inversion, multidimensional matrices, computer technologies, etc. were used. To test knowledge, test tasks of various levels and an exam are provided.*

*The scientific novelty of the work consists in the development of materials and the creation of a new discipline for the training of specialists who will be able to take part in the creation of a new industry for Ukraine, namely auto recycling.*

*The practical significance of the work lies in the possibility of using the results of the work in the development of curricula of various disciplines for a wide range of specialties that deal with issues of rational nature management.*

**Keywords:** innovative methods of education, recycling, rational use of nature, ecologically clean technologies, waste disposal, auto components.

**Volkov Volodymyr P.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: volf-949@ukr.net ;

**Vnykova Natalii V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of ecology, e-mail: vnukovanv@ukr.net ;

**Pozdnyakova Olena I.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Ecology, e-mail: pei.xadi@gmail.com ;

**Volkova Tetiana V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Transport Technologies, e-mail: wolf949@ukr.net ;

**Kuzhel Volodymyr P.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Automobiles and Transport Management, e-mail: kuzhel\_v@vntu.edu.ua ;

**Vishtak Inna V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Safety Life and Pedagogical Safety, e-mail: vishtakiv@vntu.edu.ua