

Міністерство освіти та науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет транспортних систем

Кафедра технології машинобудування та ремонту машин
Кафедра філософії та педагогіки професійної підготовки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ТЕОРІЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ
ВПРОВАДЖЕННЯМ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ НАУКИ І ТЕХНІКИ

Частина 2

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ККД ТРАНСМІСІЇ
ТА КОЛІСНОГО РУШЮ

Завідувач кафедри, д-р техн. наук, проф.

М. А. Подригало

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент

І. В. Рибалко

Керівник, д-р техн. наук, проф.

М. А. Подригало

Консультант, канд. пед. наук, проф.

В. В. Бондаренко

Студент гр. ТПТ-61-23

А. О. Шемигон

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспортних систем.
Кафедра Технології машинобудування та ремонту машин.
Кафедра філософії та педагогіки професійної підготовки
Освітній рівень - другий (магістр)
Спеціальність 015.38 «Професійна освіта. Транспорт.»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМ іРМ
_____ М. А. Подригало
« » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Шемигону Артему Олександровичу

1. Тема роботи : «Удосконалення методики викладання теорії експлуатаційних властивостей автомобіля впровадженням останніх досягнень науки і техніки. Частина 2. Удосконалення методики викладання ККД трансмісії та колісного рушію»

Керівник роботи Подригало Михайло Абович, д-р. техн. наук, проф.
Затверджені наказом від «10» жовтня 2024 р. № 136.

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали НДРС, звіт з переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1.Інженерна педагогіка як складова частина професійної підготовки; 2.Психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів»; 3.ККД трансмісії автомобілів; 4.ККД колісного рушію автомобіля.

5. Перелік графічного матеріалу.

1.Титульний лист; 2.Мета та задачі дослідження; 3.Наукова новизна дослідження; 4.Інженерна педагогіка як складова частина професійної підготовки; 5.Етапи становлення та розвитку інженерної педагогіки; 6.Теоретичні основи підготовки та компетентності майбутніх інженерів-педагогів; 7.Психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів»; 8.Мотиваційне забезпечення навчального процесу з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів»; 9.Аналіз базових знань студентів; 10.Особливості командної роботи в процесі засвоєння навчального матеріалу з теми «ККД трансмісії та колісного рушію»; 11.Висновки; 12.ККД трансмісії автомобілів;13.ККД трансмісії електромобілів;14.ККД колісного рушію; 15.Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1, 2	Бондаренко В.В., завідувач кафедри філософії та педагогіки професійної підготовки, кандидат пед. наук, проф.		
		05.10.24	05.10.24

7. Дата видачі завдання 6 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану питання	30.09.2024	
2	Теоретичні дослідження	20.10.2024	
3	Інженерна педагогіка	01.12.2024	

Студент _____ Шемигона А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Подригало М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 83 с., 16 рис., 9 табл., 55 джерел .

ДИДАКТИКА; ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ; ККД; ПЕДАГОГІКА;
КРУТНИЙ МОМЕНТ; АВТОМОБІЛЬ; ЕКСПЕРИМЕНТ; КОЛІСНИЙ РУШІЙ;
ДОСЛІДЖЕННЯ; ІНЖЕНЕР-ПЕДАГОГ.

Мета роботи – удосконалення методики викладання ККД трансмісії та колісного рушію. Зменшення витрат енергії двигуна та поліпшення динамічних властивостей транспортних засобів шляхом підвищення ККД трансмісії та колісного рушія за рахунок раціонального вибору розподілу крутних моментів між ведучими колесами різних осей.

Об'єкт дослідження – методика викладання ККД трансмісії та колісного рушію.

Предмет дослідження – удосконалення методики викладання коефіцієнта корисної дії трансмісії та колісного рушію автомобілів.

Задачі дослідження:

- дослідити важливість інженерної педагогіки як складової частини професійної підготовки ;
- з'ясувати етапи становлення та розвитку інженерної педагогіки;
- провести дослідження теоретичних основ підготовки майбутніх інженерів-педагогів;
- дослідити поліфункціональність інженерно-педагогічної підготовки.
- встановити компетентності, якими повинен володіти інженер-педагог в галузі транспорту;
- провести психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів»;
- з'ясувати мотиваційне забезпечення навчального процесу з вивчення дисципліни «Професійна освіта.Транспорт» ;
- дослідити методику конструювання дидактичних матеріалів з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми «ККД трансмісії та колісного рушію»;

- проаналізувати базові умови навчання;
- дослідити варіанти проєктування мотиваційних технологій навчання;
- встановити особливості командної роботи в процесі засвоєння навчального матеріалу з теми «ККД трансмісії та колісного рушію»;
- дослідити способи проведення педагогічного експерименту щодо засвоєння знань з дисципліни «ККД трансмісії та колісного рушію»;
- проаналізувати формули для визначення механічного ККД трансмісії;
- розглянути різні варіанти трансмісії електромобілів, та визначити завдяки чому вони ефективніші за трансмісії автомобілів з ДВЗ;
- провести дослідження впливу раціонального розподілу крутних моментів між ведучими колесами різних осей на підвищення ККД автомобіля;
- провести теоретичне дослідження коефіцієнта корисної дії колісного рушія двовісного автомобіля;
- провести дослідження способів оптимізації математичної моделі ККД ведучого колеса;
- дослідити математичну модель коефіцієнта втрат веденого колеса;

Наукова новизна одержаних результатів:

- досліджено психолого-педагогічні процеси формування особистості та встановлено об'єктивні закономірності виховання й навчання інженерно-педагогічних кадрів для системи професійної (професійно-технічної) освіти;
- розроблено методику інтеграції технічних знань із педагогічною діяльністю;
- адаптовано зміст та розроблено ефективні дидактичні матеріали у відповідності з новими науковими досягненнями, що безпосередньо впливає на формування науково-технічної компетентності інженерів-педагогів у галузі транспорту.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Інженерна педагогіка як складова частина професійної підготовки	10
1.1 Етапи становлення та розвитку інженерної педагогіки.	13
1.2 Теоретичні основи підготовки майбутніх інженерів-педагогів.	15
1.3 Поліфункціональність інженерно-педагогічної підготовки	17
1.4 Компетентності, якими повинен володіти інженер-педагог в галузі транспорту.....	19
1.5 Постановка задач дослідження.	22
2 Психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів».....	24
2.1 Мотиваційне забезпечення навчального процесу з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів»	27
2.2 Конструювання дидактичних матеріалів з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми «ККД трансмісії та колісного рушію».....	29
2.3 Аналіз базових умов навчання.	34
2.4 Проектування мотиваційних технологій навчання.....	37
2.5 Особливості командної роботи в процесі засвоєння навчального матеріалу з теми «ККД трансмісії та колісного рушію».....	39
2.6 Проведення педагогічного експерименту щодо засвоєння знань з дисципліни «ККД трансмісії та колісного рушію».....	42
Висновки	45
3 ККД трансмісії автомобілів	47
3.1 Коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля з ДВЗ.....	47
3.2 ККД трансмісії електромобілів.....	50
3.3 Дослідження впливу розподілу крутних моментів між осями на енергетичну ефективність двовісного автомобіля.....	54
4 ККД колісного рушію автомобіля	65
4.1 Пневматична шина як основний елемент колісного рушію автомобіля	65
4.2 Аналіз енергетичних втрат у шинах на основі відомих досліджень	67
4.3 Оптимізація математичної моделі ККД ведучого колеса автомобіля	69
4.4 Математична модель коефіцієнта втрат веденого колеса автомобіля	75
4.5 Математична модель ККД колісного рушію автомобіля	78
Висновки	82

Перелік посилань	Error! Bookmark not defined.
Додаток А.....	90
Лекція	90
Додаток Б	101
Ілюстративний матеріал до кваліфікаційної роботи	101

ВСТУП

Актуальність дослідження. Удосконалення методики викладання ККД трансмісії та колісного рушію автомобіля є дуже важливою темою у сучасному світі, адже від рівня професіоналізму інженера-педагога залежить якість підготовки молодого покоління інженерів, від яких в свою чергу залежні цілі галузі, такі як:

- автомобілебудування;
- обслуговування автомобілів.

Які в свою чергу безпосередньо впливають на все наше життя вцілому.

Аналіз останніх досліджень показує, що не дивлячись на розвиток інженерної педагогіки, удосконалення методів викладання технічних дисциплін, поліпшення методики викладання коефіцієнту корисної дії трансмісії та колісного рушію транспортних засобів не перестає бути актуальним.

В роботі було розглянуто некоректність представлення ходової частини автомобіля як складової частини системи «автомобіль-дорога».

Представлення дороги як замикаючої ланки чотирьохланкового механізму дозволяє визначити ККД (коефіцієнт корисної дії) колісного рушію та отримати раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами. У зв'язку з розширенням використання електромобілів задача стає актуальною.

Метою даної роботи є проведення аналізу всіх чинників, які впливають на підвищення якості викладання ККД трансмісії та колісного рушію автомобілів, роздивимося способи викладання, а також дослідимо можливі напрямки підвищення якості освітнього процесу.

Для досягнення поставлених завдань необхідно:

- дослідити важливість інженерної педагогіки як складової частини професійної підготовки ;
- провести психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів»;

- дослідити складові інженерної педагогіки ВНЗ в Україні;
- з'ясувати можливі методи удосконалення викладання теми: ККД трансмісії та колісного рушію автомобілів;
- удосконалити викладання теми: ККД трансмісії автомобіля;
- вдосконалити викладання теми: Коефіцієнт корисної дії колісного рушію автомобіля.

Об'єктом дослідження є методика викладання ККД трансмісії та колісного рушію.

Предмет дослідження—удосконалення методики викладання коефіцієнта корисної дії трансмісії та колісного рушію автомобілів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- досліджено психолого-педагогічні процеси формування особистості та встановлено об'єктивні закономірності виховання й навчання інженерно-педагогічних кадрів для системи професійної (професійно-технічної) освіти;
- розроблено методику інтеграції технічних знань із педагогічною діяльністю;
- адаптовано зміст та розроблено ефективні дидактичні матеріали у відповідності з новими науковими досягненнями, що безпосередньо впливає на формування науково-технічної компетентності інженерів-педагогів у галузі транспорту.

1 ІНЖЕНЕРНА ПЕДАГОГІКА ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Інженерна педагогіка є галуззю педагогічних наук, яка досліджує теорію та практику викладання технічних дисциплін. Вона спрямована на підготовку фахівців через специфічні методи, зміст і форми навчання. Згідно з визначенням А. Мелецінека, засновника Міжнародного співтовариства інженерної педагогіки (IGIP), це "методичне забезпечення цілей і змісту викладання технічних дисциплін та процес перетворення навчального матеріалу у знання тих, кому він адресований" [1].

Інженерна педагогіка розглядає питання організації навчального процесу в технічних закладах освіти, підготовки інженерів та підвищення кваліфікації викладачів. Вона інтегрує технічні й педагогічні знання, забезпечуючи системність професійної освіти. Серед її функцій: використання технічних знань у практичній діяльності, управління педагогічним процесом, підвищення кваліфікації фахівців. Інженерна педагогіка також є навчальною дисципліною, що вивчає принципи, методи та засоби навчання.

Предмет і джерела інженерної педагогіки

Предметом інженерної педагогіки є вдосконалення навчання технічним дисциплінам, включаючи діяльність викладача, спрямовану на досягнення освітніх цілей і організацію навчального процесу [1]. Вона функціонує на межі педагогіки, психології, дидактики, технічних дисциплін та теорії інформації.

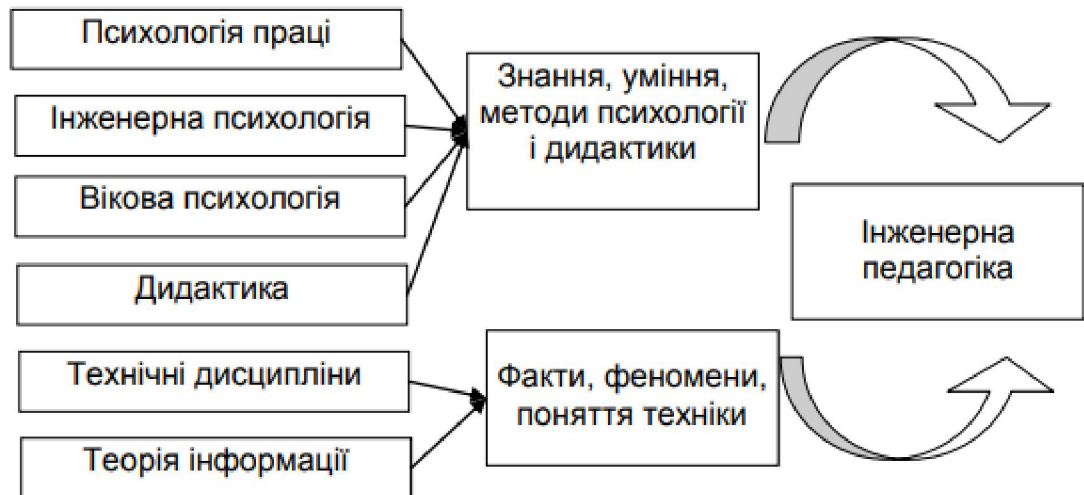


Рисунок 1.1 – Джерела інженерної педагогіки [2]

Джерела інженерної педагогіки охоплюють:

- загальну педагогіку, що вивчає закономірності виховання;
- історію педагогіки, яка досліджує еволюцію освітніх ідей;
- порівняльну педагогіку, що аналізує освітні системи різних країн та їх методи навчання;
- вікову педагогіку, яка вивчає особливості виховання на різних етапах життя;
- спеціальну педагогіку, спрямовану на навчання людей із фізичними обмеженнями;
- методику викладання дисциплін, яка формує інструментарій для засвоєння конкретних знань;
- професійну педагогіку, яка орієнтована на підготовку фахівців у різних сферах, зокрема технічних [2].

Основні поняття педагогіки

Педагогіка – це наука, що вивчає закономірності, принципи, зміст, методи та форми освіти, виховання й навчання. Об'єктом педагогіки є людина, яка розвивається в процесі виховних відносин.

Виховання у вузькому сенсі – це система впливів на особистість із метою формування її цінностей, установок і ставлення до світу. У широкому сенсі виховання включає навчання, здобуття нових знань, умінь і навичок.

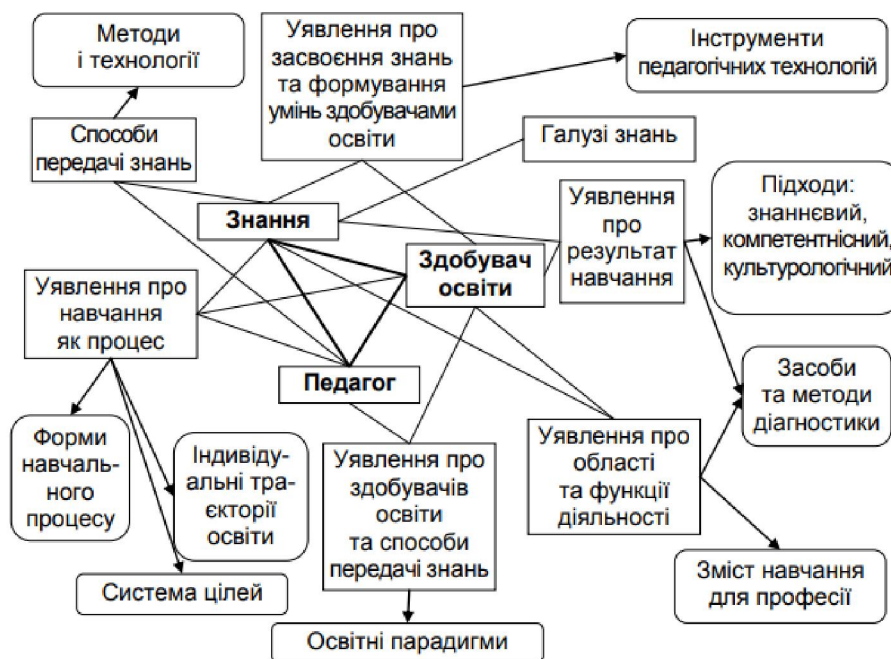


Рисунок 1.2 – Структура предметної області інженерної педагогіки

Дидактика є частиною педагогіки, що розробляє теорію навчання. Навчання, як двосторонній процес, охоплює:

- викладання – передачу знань і досвіду викладачем;
- навчання – засвоєння знань студентом через осмислення, сприйняття та використання.

Зміст освіти є відібраною системою знань, необхідних для успішної діяльності в певній сфері.

Стратегії розвитку вищої технічної освіти

Інженерна педагогіка враховує сучасні тенденції розвитку вищої освіти, серед яких:

- використання інтернет-комунікацій у взаємодії "заклад освіти – педагог – студент";
- розвиток дистанційного навчання;

- самостійне планування студентами графіку засвоєння дисциплін;
- збільшення обсягу самостійної роботи студентів;
- лекції у форматі діалогу;
- боротьба з плагіатом у студентських роботах;
- письмові іспити під жорстким контролем;
- безперервне оцінювання знань протягом семестру.

Такі підходи базуються на знанневій, компетентнісній і культурологічній освітніх парадигмах. Вони спрямовані на формування індивідуальних траєкторій навчання, забезпечення відповідності змісту освіти потребам професії та використання сучасних педагогічних технологій.

Інженерна педагогіка є ключовою складовою професійної освіти, що забезпечує підготовку висококваліфікованих фахівців. Вона інтегрує знання з різних галузей науки, адаптує сучасні освітні технології й орієнтується на потреби суспільства та професійної діяльності. Більшість зазначених тенденцій уже впроваджуються у навчальний процес, сприяючи підвищенню якості вищої технічної освіти.

1.1 Етапи становлення та розвитку інженерної педагогіки

За останні десятиліття інженерна педагогіка зазнала значних змін, що мають важливе значення для розвитку освіти. Освітня система України реформується згідно з державною програмою «Освіта» [3] та Законом України «Про освіту» [4]. Реформування сприяє демократизації, національному відродженню та переходу до світового рівня науки і техніки [3]. Ці зміни впливають на вимоги до інженерів-педагогів як до ключових фахівців системи вищої освіти.

У 60-х роках у СРСР розпочалася підготовка педагогів спеціальних дисциплін із кваліфікацією «інженер-педагог». У 1972 році було створено Клагенфуртську школу інженерної педагогіки під керівництвом Адольфа Мелецінека, президента Міжнародного товариства інженерної педагогіки (IGIP).

В Україні почали впроваджувати модель інженера-викладача, що поєднувала навчання і виховання у процесі підготовки спеціалістів для професійно-технічних училищ. У навчальних планах з'явилися предмети для розвитку творчості та позакласної роботи. З 1980 року Херсонський педагогічний інститут розпочав підготовку викладачів-майстрів.

У 80-х роках постали проблеми недостатньої психолого-педагогічної підготовки випускників, вузького інженерно-технічного світогляду та відсутності інтеграції педагогічних і інженерних знань. У 1987 році Київський індустріально-педагогічний технікум долучився до навчально-методичного об'єднання, організованого на базі Свердловського інженерно-педагогічного інституту. Це об'єднання розробляло навчальні плани для безперервної підготовки інженерів-педагогів.

Наприкінці 80-х років стало зрозуміло, що необхідно створити професійні заклади для підготовки інженерів-педагогів. У 1990 році з'явилися такі заклади, як Харківський інженерно-педагогічний інститут (ХІПІ), Кримський інженерно-педагогічний інститут, Львівський політехнічний інститут та Дніпродзержинський індустріальний інститут. У 1994 році на базі результатів акредитації Український заочний політехнічний інститут отримав статус Української інженерно-педагогічної академії (УІПА).[5] УІПА стала провідним центром реформування інженерно-педагогічної освіти. В академії було відкрито понад 15 спеціальностей, підготовлено 70 тисяч фахівців, а також впроваджено європейські стандарти навчання [6].

У 1998 році було прийнято Закон «Про професійно-технічну освіту», що визначав основи розвитку професійної освіти. У 2004 році ухвалено «Концепцію розвитку професійно-технічної освіти в Україні» [7]. Її метою було забезпечення безперервної професійної підготовки, впровадження сучасних технологій та міжнародних стандартів. У 2010 році прийнято «Концепцію Державної цільової програми розвитку професійно-технічної освіти на 2011–2015 роки», яка передбачала модернізацію матеріально-технічної бази, стандартизацію якості освіти та популяризацію робітничих професій [8].

Через складнощі реалізації програми в 2019 році було ухвалено «Концепцію реалізації державної політики у сфері професійної (професійно-технічної) освіти на період до 2027 року» [9]. Ця концепція спрямована на ліквідацію бюрократичних перешкод, покращення фінансування, співпраці з роботодавцями та впровадження кар'єрного консультування для здобувачів освіти. У 2021 році було прийнято нову «Концепцію Державної цільової соціальної програми розвитку професійної (професійно-технічної) освіти на 2022–2027 роки» [10], яка доповнила попередню, врахувавши адаптацію навчальних програм до потреб осіб з особливими освітніми потребами та розвиток системи підтвердження результатів неформальної освіти.

Таким чином, інженерно-педагогічна освіта в Україні пройшла шлях значних трансформацій, спрямованих на підвищення якості підготовки фахівців і адаптацію до вимог сучасного ринку праці.

1.2 Теоретичні основи підготовки майбутніх інженерів-педагогів

Підготовка майбутніх інженерів-педагогів охоплює дванапрями, інженерний та педагогічний. Ці складові є визначальними у формуванні фахівців, що мають поєднувати технічні знання з педагогічними навичками [11].

Технічне знання є основою професійної підготовки інженерів-педагогів. Воно передбачає глибоке розуміння теорії та практичне володіння принципами обраної галузі (механіка, електроніка, інформатика тощо). Практичні навички формуються через роботу з технічним обладнанням та інструментами, що використовуються у професійній діяльності. Оскільки технології постійно змінюються, важливою є актуалізація знань через курси, тренінги та семінари. Інженери-педагоги повинні також уміти викладати складні технічні концепції зрозумілою мовою, адаптуючи виклад до рівня підготовки студентів. Сучасні технології, такі як симуляції, відеоуроки та візуалізаційні інструменти. Для ефективного викладання майбутнім інженерам-педагогам необхідні педагогічні компетентності. Вони охоплюють знання педагогічної теорії, розробку

навчальних програм, управління класом значно покращують процес навчання. Участь у проєктах, що передбачають розробку інноваційних рішень, дозволяє застосовувати знання на практиці [12].

Знання педагогіки включають методи навчання, педагогічну психологію, а також вміння планувати уроки й оцінювати результати навчання [13]. Розробка навчальних програм передбачає створення об'єктивів навчання, підготовку матеріалів і ресурсів, що відповідають освітнім цілям. Управління класом допомагає встановлювати дисципліну та позитивний клімат у навчальному середовищі. Комунікація, емпатія, лідерство та робота в команді також є невід'ємними складовими педагогічної підготовки. Педагогічна компетентність вимагає неперервного професійного розвитку, що включає участь у семінарах, дослідженнях та обмін досвідом з іншими викладачами.

Різноманітні методи навчання сприяють ефективній підготовці інженерів-педагогів. Серед них проєктне навчання, яке дозволяє студентам працювати над реальними завданнями, застосовуючи технічні знання. Лабораторні роботи забезпечують практичний досвід у використанні обладнання, а проблемне навчання розвиває аналітичне мислення через вирішення реальних задач [14]. Інтерактивні технології, такі як віртуальні лабораторії та мультимедійні ресурси, дозволяють студентам глибше зрозуміти технічні концепції [15]. Диференційований підхід враховує рівень готовності кожного студента до навчання, а колаборативне навчання сприяє розвитку комунікаційних навичок і вмінню працювати в команді [16].

Важливою складовою підготовки є здобуття практичного досвіду. Стажування в навчальних закладах або технічних підприємствах дозволяє студентам спостерігати за роботою викладачів, брати участь у заняттях та адміністративних процесах. Педагогічна практика забезпечує реальний досвід викладання, під час якого студенти готують і проводять заняття під керівництвом досвідчених викладачів [17]. Робота над лабораторними проєктами допомагає застосовувати технічні знання для розв'язання практичних задач. Проведення лекцій та семінарів сприяє вдосконаленню вмінь пояснювати складні технічні

концепції. Участь у наукових дослідженнях дозволяє студентам розвивати інноваційне мислення та сприяти розвитку технологій.

Розвиток міжособистісних навичок є ще одним важливим аспектом підготовки. Інженери-педагоги повинні вміти ефективно спілкуватися зі студентами, проявляти емпатію, вирішувати конфлікти та працювати в команді. Лідерські якості та здатність керувати навчальним процесом також є ключовими для їхньої професійної діяльності. Толерантність до стресу та саморегуляція допомагають викладачам підтримувати стабільність у стресових ситуаціях.

Постійний розвиток і самовдосконалення є необхідністю для інженерів-педагогів, адже технології та методи навчання постійно змінюються. Це включає вивчення нових педагогічних підходів, участь у професійних заходах і співпрацю з колегами.

Підготовка майбутніх інженерів-педагогів передбачає тісний взаємозв'язок технічної і педагогічної складових, що забезпечує ефективність освітнього процесу. Володіння технічними знаннями разом із педагогічними компетентностями дозволяє інженерам-педагогам успішно працювати в навчальному середовищі та сприяти професійному розвитку студентів.

1.3 Поліфункціональність інженерно-технічної підготовки

Поліфункціональність інженерно-педагогічної підготовки є ключовим аспектом сучасної освіти, що поєднує в собі різні напрями професійної діяльності: технічну, педагогічну, наукову, методичну та управлінську. Вона спрямована на підготовку фахівців, здатних не лише володіти інженерними знаннями, а й ефективно передавати їх здобувачам освіти, організувати навчальний процес і впроваджувати інноваційні підходи до навчання.

Суть багатofункціональності інженерно-педагогічної підготовки полягає у здатності фахівця виконувати низку взаємопов'язаних завдань у різних сферах професійної діяльності. Інженер-педагог має поєднувати технічну компетентність, яка включає володіння глибокими знаннями у своїй технічній

галузі, здатність до розробки інноваційних рішень і аналізу технічних систем; педагогічні вміння, які охоплюють організацію навчального процесу, використання сучасних методів навчання, стимулювання пізнавальної активності учнів і студентів; методичну майстерність, що передбачає розробку навчальних програм і планів, створення дидактичних матеріалів; науково-дослідну діяльність, яка полягає у впровадженні новітніх освітніх технологій, проведенні досліджень у галузі технічної освіти та педагогіки; управлінські навички, серед яких планування навчального процесу, організація роботи освітніх колективів і контроль якості освіти.

Основні напрями багатofункціональності передбачають інтеграцію технічних та педагогічних знань. Інженер-педагог повинен мати ґрунтовні знання у своїй технічній галузі та вміти адаптувати їх для навчального процесу. Це вимагає розуміння особливостей технічних дисциплін, таких як інженерна механіка, електротехніка або транспортні системи, та знання педагогічних методів, які сприяють ефективній передачі цих знань. Методична підготовка інженера-педагога охоплює складання навчальних програм з урахуванням сучасних вимог, розробку дидактичних матеріалів, адаптацію методик викладання до потреб здобувачів освіти.

Розвиток наукових компетентностей включає вивчення та аналіз новітніх технологій, розробку інноваційних підходів до навчання, проведення досліджень у галузі технічної педагогіки, що сприяють вдосконаленню освітнього процесу. Педагогічна майстерність передбачає вміння організовувати навчальний процес, використовуючи інтерактивні методи, здатність створювати комфортне навчальне середовище, враховуючи індивідуальні потреби студентів. Соціальна та управлінська функції полягають у сприянні формуванню моральних, етичних і професійних якостей здобувачів освіти, а також у плануванні роботи освітнього колективу, контролі навчального процесу та впровадженні нових стандартів і вимог до якості освіти.

Роль багатofункціональності у професійній підготовці полягає у формуванні конкурентоспроможного фахівця. Багатofункціональність дозволяє

інженеру-педагогу адаптуватися до змін у сфері техніки та освіти, що робить його конкурентоспроможним на ринку праці. Здатність виконувати різноманітні функції забезпечує гнучкість у професійній діяльності, дозволяючи фахівцеві ефективно працювати як у навчальних закладах, так і в промислових підприємствах чи науково-дослідних установах. Поєднання технічних і педагогічних функцій сприяє впровадженню нових підходів у навчальний процес і розробці інноваційних рішень для технічної освіти.

Прикладом багатофункціональності у підготовці інженерів-педагогів є розробка навчальних кейсів, коли інженер-педагог створює завдання на основі реальних технічних проблем і проводить їх аналіз зі студентами, поєднуючи теорію з практикою. Використання технологій передбачає запровадження віртуальних лабораторій для моделювання технічних процесів і вивчення складних інженерних систем. Науково-дослідні проекти дають можливість викладачам проводити спільні дослідження з промисловими підприємствами, забезпечуючи студентам участь у реальних технічних розробках.

Багатофункціональність інженерно-педагогічної підготовки є основою для формування сучасного фахівця, який здатен поєднувати технічні, педагогічні, наукові й управлінські компетентності. Ця якість дозволяє викладачам бути гнучкими, конкурентоспроможними та ефективними у своїй професійній діяльності, сприяючи підвищенню якості освіти та розвитку інженерної галузі.

1.4 Компетентності, якими повинен володіти інженер-педагог в галузі транспорту.

Компетентність інженера-педагога – це поєднання знань, навичок і здібностей, які дозволяють ефективно здійснювати викладання інженерних дисциплін і адаптувати навчальний процес до сучасних потреб. Вона включає низку компонентів, кожен із яких має ключове значення для якісної освіти.

Інженерні знання

Інженер-педагог повинен володіти глибокими знаннями у своїй спеціалізації, які охоплюють проектування, розробку технічних рішень, аналітичні здібності та технічні навички. Це забезпечує здатність пояснювати складні технічні процеси, виконувати розрахунки, аналізувати дані, проводити експерименти та розв'язувати практичні задачі. Така компетентність дозволяє викладачу формувати у здобувачів освіти не лише теоретичні знання, але й здатність застосовувати їх у реальних інженерних завданнях.

Педагогічні навички

Окрім інженерних знань, педагогічні навички відіграють важливу роль у професійній діяльності. Викладач має вміти розробляти навчальні програми, ставити чіткі освітні цілі, організовувати навчальний процес і підбирати методи навчання, які відповідають потребам аудиторії. Він повинен створювати цікаві й доступні навчальні матеріали, мотивувати учнів до активної участі та сприяти розвитку їхнього інтересу до інженерії. Педагогічні навички також включають ефективне спілкування з учнями, вміння слухати їх, адаптувати підхід до навчання залежно від рівня підготовки та індивідуальних особливостей кожного здобувача освіти.

Комунікація та взаємодія

Комунікація є ключовою складовою компетентності інженера-педагога. Викладач повинен вміти пояснювати складні технічні поняття просто і зрозуміло, підтримувати зворотний зв'язок із учнями та сприяти ефективній взаємодії у навчальному середовищі. Важливою є здатність викладача будувати конструктивний діалог, що мотивує учнів до активного навчання, та взаємодіяти з колегами для обміну досвідом і вдосконалення освітніх методик.

Міждисциплінарний підхід

Інтеграція знань із різних галузей є ще одним важливим елементом роботи інженера-педагога. Міждисциплінарний підхід дозволяє викладачам використовувати досягнення фізики, математики, соціології та інших дисциплін для вирішення складних завдань. Наприклад, розробка екологічно безпечних технологій або інноваційних навчальних програм потребує інтеграції знань і

методів із різних сфер. Такий підхід допомагає розвивати у здобувачів комплексне мислення та здатність вирішувати проблеми, які виходять за межі однієї дисципліни.

Адаптація до аудиторії

Адаптація до потреб аудиторії є невід'ємною складовою компетентності інженера-педагога. Викладач має враховувати рівень підготовки учнів, їхній стиль навчання та індивідуальні потреби. Він повинен створювати комфортне середовище, яке сприяє відкритій взаємодії та підтримці, а також використовувати різноманітні методики навчання для забезпечення ефективного засвоєння матеріалу. Адаптація також включає вміння змінювати підхід до викладання залежно від групи, щоб забезпечити максимальну ефективність навчального процесу.

Дослідницькі навички

Дослідницькі навички інженера-педагога є важливою складовою його діяльності. Викладач має вміти проводити наукові дослідження, аналізувати їх результати, вивчати сучасні тенденції в освіті та впроваджувати інноваційні методи викладання. Дослідницька діяльність дозволяє покращувати якість освітнього процесу, а також розвивати в учнів аналітичне мислення та готовність до вирішення професійних завдань.

Оцінка та зворотній зв'язок

Ефективне оцінювання та зворотний зв'язок є ще одним ключовим аспектом роботи інженера-педагога. Він повинен об'єктивно оцінювати знання та навички учнів, використовуючи різні методи, такі як тести, проекти або практичні завдання. Важливо також надавати учням чіткий і конструктивний зворотний зв'язок, який допомагає зрозуміти сильні й слабкі сторони їхньої роботи, а також мотивує до вдосконалення.

Актуальність та сучасні технології

Використання сучасних технологій забезпечує актуальність освіти в інженерних дисциплінах. Інженер-педагог повинен впроваджувати інноваційні методи навчання, зокрема мультимедійні засоби, дистанційні платформи,

віртуальні лабораторії та онлайн-ресурси. Це допомагає зробити навчальний процес більш інтерактивним і доступним, а також сприяє підготовці здобувачів до роботи в умовах цифрового середовища.

Компетентність інженера-педагога є багатогранною і спрямованою на розвиток сучасної інженерної освіти. Вона дозволяє ефективно навчати, мотивувати здобувачів освіти та готувати їх до успішної професійної діяльності в умовах глобальних викликів.

1.5 Постановка задач дослідження

Метою дослідження є удосконалення навчального процесу підготовки інженерів-педагогів для підвищення їх професійної компетентності через впровадження навчального курсу «Теорія автомобілів» з методики викладання теорії експлуатаційних властивостей автомобіля, що враховує останні досягнення науки і техніки.

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

- розкрити особливості вдосконалення методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми "ККД трансмісії та колісного рушію";
- удосконалити методику викладання теми "Дослідження ККД колісного рушія";
- удосконалити знання майбутніх інженерів-педагогів із педагогічної та інженерної сторони;
- здійснити теоретичну та практичну підготовку, спрямовану на формування педагогічної майстерності, а також технічної компетентності у викладанні складних тем, пов'язаних із теорією експлуатаційних властивостей автомобіля;
- сформулювати глибокі знання з теми "Коефіцієнт корисної дії трансмісії та колісного рушію";

- оновити зміст навчального матеріалу відповідно до сучасних досягнень науки і техніки, включаючи питання енергоефективності, раціонального використання ресурсів і новітніх тенденцій в автомобілебудуванні;

- розвинути уміння викладання складних технічних тем;

- створити рекомендації щодо структурування навчального матеріалу, використання наочності, інтерактивних і цифрових інструментів, а також методів, які сприяють активному залученню студентів до процесу навчання;

- вдосконалити навички роботи з інноваційними педагогічними та технічними технологіями;

- забезпечити підготовку майбутніх інженерів-педагогів до використання мультимедійних засобів, програмного забезпечення для моделювання технічних процесів, віртуальних лабораторій і систем дистанційного навчання;

- розробити методика інтеграції технічних знань із педагогічною діяльністю;

- розробити підходи до формування комплексної компетентності викладача, що поєднує технічну експертизу з навичками ефективного навчання, адаптації матеріалу до рівня студентів і практичного застосування теорії;

- здійснити теоретичну та практичну підготовку, спрямовану на формування педагогічної майстерності, а також технічної компетентності у студентів, в області викладання складних тем, пов'язаних із теорією експлуатаційних властивостей автомобіля.

Таким чином, дослідження спрямоване на створення інноваційного підходу до викладання дисциплін, що дозволить підвищити якість підготовки інженерів-педагогів, їхню професійну компетентність і конкурентоспроможність у сучасних умовах.

2 ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ АВТОМОБІЛІВ»

Психологічні та педагогічні закони і закономірності, а також практичні рекомендації є результатами відповідних досліджень. Специфіка науково-педагогічних і психологічних досліджень передбачає вивчення людських стосунків, які необхідно враховувати при побудові взаємовідносин з партнерами, підлеглими чи керівниками. Метод науково-педагогічного дослідження є шляхом вивчення складних психолого-педагогічних процесів формування особистості та встановлення об'єктивних закономірностей виховання і навчання [18].

Етапи дослідження

Науково-педагогічні дослідження проходять декілька етапів. На підготовчому етапі визначається широка проблема, аналізується стан її розробки, конкретизується тема дослідження, формулюється робоча гіпотеза та методика дослідження.

– на етапі проведення дослідження збираються дані, що підтверджують або заперечують гіпотезу за допомогою різноманітних методів;

– кількісна обробка інформації передбачає визначення середніх величин, коефіцієнтів кореляції, міри розсіювання, побудову графіків;

– якісна обробка інформації включає інтерпритацію даних, формулювання висновків і надання практичних рекомендацій.

Методи дослідження – це прийоми, процедури й операції для вивчення педагогічних і психічних явищ [19]. Сучасна психологія зосереджується як на дослідженні психіки, так і на вирішенні практичних завдань для оптимізації діяльності та поведінки особистості.

Порівняльний метод дозволяє зіставляти групи людей за віком, освітою, діяльністю чи спілкуванням. Наприклад, студентів і робітників досліджують одними й тими самими засобами, порівнюючи отримані дані.



Рисунок 2.1 – Методи педагогічного дослідження

Лонгітюдний метод – це тривале спостереження одних і тих самих осіб для вивчення вікових та індивідуальних змін. Він передбачає використання таких методів, як тестування, спостереження та психографія [19].

Комплексний метод полягає у співпраці дослідників різних галузей для вивчення зв'язків між фізіологічними, психічними і соціальними явищами.

Спостереження – це цілеспрямоване сприймання явищ об'єктивної дійсності. Метод дозволяє вивчати поведінку людини в природних умовах. Спостереження може бути прямим чи опосередкованим (за допомогою відеокамер), мимовільним або цілеспрямованим. Перевагою методу є економічність, але він обмежений, адже фіксує лише властивості й зв'язки об'єкта.

Самоспостереження (інтроспекція) – це аналіз людиною власних психічних процесів, почуттів та думок. Метод допомагає глибше пізнати власну свідомість [19].

Для вивчення взаємозв'язків у психолого-педагогічній теорії використовують експеримент.

Експеримент передбачає активне втручання дослідника у діяльність об'єкта для створення необхідної ситуації. Природний експеримент здійснюється так, що випробуваний не усвідомлює своєї участі в дослідженні. Цей метод дозволяє не лише вивчати, а й формувати певні психічні процеси чи якості особистості. Важливими перевагами є можливість повторення дослідження, але результати можуть бути викривленими через суб'єктивність.

Проективний метод збору даних представлений тестами, які орієнтовані на непряме виявлення психологічних особливостей людини.

Тест – це коротке завдання, що дозволяє оцінити рівень розвитку певних психічних функцій. Він є допоміжним методом дослідження.



Рисунок 2.2 – Класифікація тестів (за Н.П. Статіноюю, Г.П. Сень [20])

Отже, психолого-педагогічне дослідження включає декілька етапів і методів, кожен з яких має свої переваги й обмеження. Ефективність методики викладання дисципліни залежить від правильного вибору методів, аналізу отриманих даних та формулювання практичних рекомендацій.

2.1 Мотиваційне забезпечення навчального процесу з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів»

Мотивація як стратегія успішної праці спрямована на вплив на майбутніх фахівців з метою формування ціннісних орієнтацій, мотиваційного ядра й активності. Якість підготовки спеціалістів залежить від вивчення професійної мотивації студентів. Викладачам необхідно враховувати стан професійної орієнтації учнів, оскільки навчальний процес формує їх інтереси та мотиви.

Усвідомлення важливості поєднання питань професійної орієнтації, самовизначення, підготовки молоді та їх діяльності в різних сферах (сім'я, школа, професійна освіта) сприяє формуванню мотивів професійної підготовки.

Сучасна шкільна система включає професійну освіту, активізацію, консультації, відбір та адаптацію. Однак профорієнтаційна робота часто є несистемною, що призводить до стихійного вибору професії. Через недостатню обізнаність учнів про реальну сутність професій часто виникає розчарування, зміна спеціальності або низька продуктивність праці.

Суперечності у професійному самовизначенні школярів зумовлені розривом між їхніми здібностями, бажаннями та вимогами професії. Більшість учнів обирають спеціальності, що вважаються «престижними» (програмісти, юристи, економісти), що спричиняє перенасичення ринку праці та безробіття. Держава зазнає значних збитків через невиправдані витрати на підготовку кадрів.

Одним із ключових чинників вибору професії є мотиви: престиж, заробітна плата, суспільна значущість тощо. Зміни у суспільстві сприяють трансформації мотиваційної сфери молоді, що впливає на їхній вибір майбутньої спеціальності.

У психолого-педагогічній літературі [21] визначено чинники, що впливають на розвиток пізнавальної та професійної мотивації студентів. Пізнавальні й професійні мотиви формуються під впливом змісту навчання, педагогічних технологій та особистісних характеристик студентів. Динаміка розвитку мотивів є центральною для становлення особистості фахівця.

Як зазначає О. Леонт'єв [22], мотиваційна сфера багатовекторна і визначається полімотивованістю. Формування професійної спрямованості починається з позитивного ставлення до обраної професії [23]. Повнота та рівень спрямованості відображають глибину мотивів, а розвиток професійної спрямованості ґрунтується на їх збагаченні.

Групи мотивів поділяють за такими характеристиками [24]:

- потреба у змісті професії;
- престиж і значущість професії;
- матеріальні потреби, звички;
- самооцінка власної придатності.

Романтизація професії

У формуванні професійної спрямованості важливо враховувати інтереси та потреби студентів. Як зазначає П. Шавир [23], мотивація сприяє розвитку здібностей і самовиховання. Успішність формування мотивів залежить від організації діяльності студента, яка повинна розкривати специфіку обраної професії.

Рівень професійної спрямованості визначається відповідністю мотивів реальному змісту професії. Низький рівень зумовлений орієнтацією на зовнішні обставини, а високий – глибиною професійного інтересу та його місцем у мотиваційній системі.

Процес професійного самовизначення має кілька етапів: від емоційного наміру до пристрасного захоплення професією, що поєднує особу зі справою. У разі боротьби мотивів нова інформація про професію може змінювати уявлення студента.

Анкетування студентів виявило три типи проф. спрямованості [25]:

- позитивна ($\approx 73\%$): пов'язана з інтересом до професії та її значущістю.
- невизначена ($\approx 16\%$): нестабільний інтерес і недостатня обізнаність.
- негативна ($\approx 11\%$): відсутність мотивації, вибір під тиском.

Формування професійних умінь потребує не лише навчання, а й зв'язку між знаннями, практичними навичками та особистісними мотивами. Мотиваційна складова професійної підготовки передбачає свідоме прагнення до якісного виконання професійних обов'язків.

У ВНЗ слід організувати навчальний процес так, щоб на першому курсі формувались уявлення про майбутню професію, а всі дисципліни набували прикладного значення. Це сприятиме розвитку професійної спрямованості студентів, їхньої мотивації та готовності до майбутньої професійної діяльності.

2.2 Конструювання дидактичних матеріалів з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми «ККД трансмісії та колісного рушію»

Теоретичні матеріали

Лекційний конспект повинен охоплювати основні поняття, принципи роботи, формули розрахунків і джерела втрат енергії в трансмісії та колісному рушії. Студентам пояснюється, що ККД трансмісії – це співвідношення потужності на вихідному валу трансмісії до потужності двигуна.

Формула

$$\eta_{\text{транс}} = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{двиг}}} \times 100\%, \quad (1.1)$$

Втрати в трансмісії можуть бути спричинені тертям у підшипниках, вібраціями, термічними втратами мастильних матеріалів.

Важливо проаналізувати залежності для шин легкових і вантажних автомобілів. Наприклад, максимальне значення ККД досягається при відношенні:

$$\frac{\partial \eta_{\text{к}}^{\text{мнт}} \left(\frac{M_{\text{fk}}}{M_{\text{к}}} \right)}{\partial \left(\frac{M_{\text{fk}}}{M_{\text{к}}} \right)} = 2 \frac{M_{\text{к}}}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{M_{\text{fk}}}{M_{\text{к}}} \right) = 0. \quad (1.2)$$

Окрім формул, слід розглянути вплив факторів, таких як тип трансмісії, тиск у шинах, стан дороги й режими експлуатації[25].

Графічні матеріали

Схеми та креслення: Схема передачі енергії: Від двигуна до коліс із позначенням ключових вузлів і втрат енергії:

$$P_{\text{двиг}} \rightarrow P_{\text{транс}} \rightarrow P_{\text{колес}} \rightarrow P_{\text{дорога}}. \quad (1.3)$$

Будова трансмісії: Розріз механічної трансмісії з деталізацією елементів (зубчасті передачі, підшипники).

Таблиця 2.1 – Порівняння типів трансмісій (механічна, автоматична, варіатор)

Тип трансмісії	ККД (%)	Джерела втрат	Особливості експлуатації
Механічна	85-90	Тертя в підшипниках і шестернях	Простота, висока ефективність
Автоматична	75-85	Перетворення енергії в гідротрансформаторі	Комфорт, низький ККД на низьких обертах
Варіатор	80-88	Прослизання ременя	Плавний хід, складність обслуговування

Інтерактивні матеріали

– модель роботи трансмісії: Використання MATLAB/Simulink для зміни параметрів (наприклад, тертя) і спостереження змін ККД.

– онлайн-симулятори: Платформи для вивчення елементів трансмісії у віртуальному просторі.

Тести та завдання

Наприклад, "Що найбільше впливає на ККД колісного рушія?"

- а) Тиск у шинах
- б) Швидкість руху
- в) Стан дороги

Практична задача:

Обчислити ККД трансмісії, якщо потужність двигуна становить 150 кВт, а на виході трансмісії – 120 кВт.

Практичні заняття

Приклад лабораторної роботи:

Лабораторна робота №4. «Експериментальні дослідження динамічних параметрів повнопривідного автомобіля».

Методика досліджень: Використання мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для аналізу параметрів (лінійних прискорень, режимів руху).

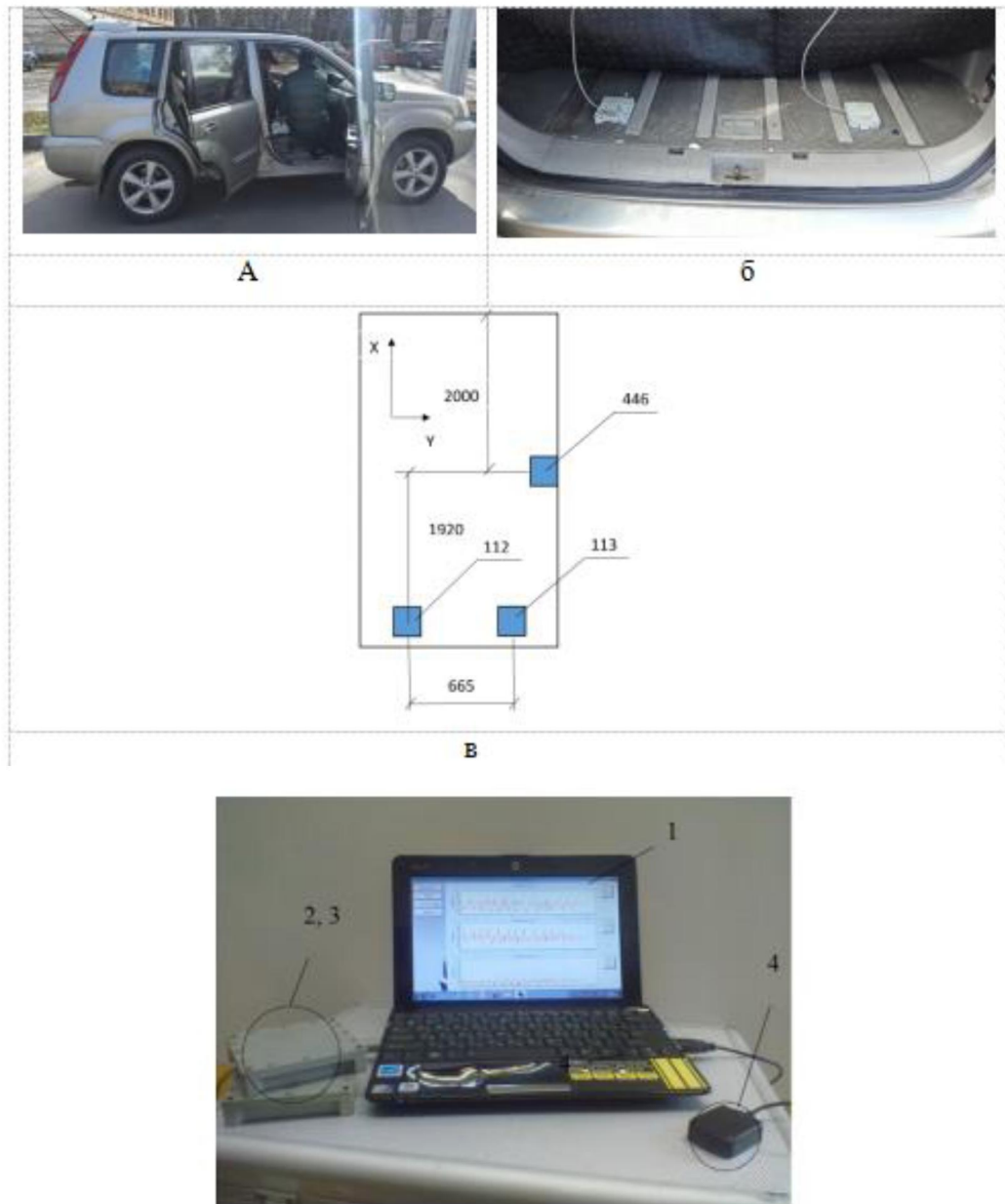


Рисунок 2.2 – Об'єкти для проведення експериментальних досліджень

1 – ПЕОМ для зняття й архівації даних; 2, 3 – датчики прискорень;

4 – GPS-приймач

Мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс, розроблений на кафедрі ТМ
і РМ ХНАДУ

Заїзди відбувалися у декілька етапів з різними режимами, а саме:

1.3 включеним переднім приводом:

– розгін до швидкості 40 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд
№1);

– розгін до швидкості 50 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №2).

2.3 включеним повним приводом:

– розгін до швидкості 40 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №3);

– розгін до швидкості 50 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №4).

Був застосований підхід з апроксимацією потужності на основі експоненційної залежності у вигляді $y = a \cdot e^{bx}$, де y – потужність, що витрачається при розгоні (кВт), x – лінійна швидкість автомобіля (км/год).

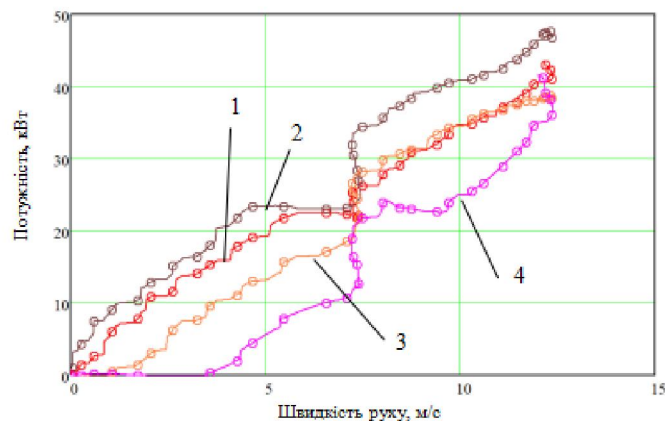


Рисунок 2.3 – Потужність, що витрачається при розгоні автомобіля

В результаті проведених досліджень було визначено, що потужність, затрачувана на розгін, для досліджуваного повнопривідного автомобіля Nissan X-Trail 2.0D більше на 15-20%, ніж у автомобіля з переднім приводом при русі на швидкості 45-50 км/год та при звичайних дорожніх умовах

Дорожні випробування: Тести на Nissan X-Trail за різних режимів руху (з переднім і повним приводом) із реєстрацією параметрів під час розгону, вибігу та гальмування[27].

Методи викладання

Для теми «ККД трансмісії та колісного рушія» доцільно поєднувати теоретичні й практичні підходи. На лекціях можна використовувати мультимедійні презентації, схеми та графіки. Групові обговорення дозволять студентам краще зрозуміти роботу трансмісій різних типів, наприклад, через дискусії на тему "Який тип трансмісії найефективніший?"

Проблемні завдання, як-от розробка концепції трансмісії для конкретного автомобіля, сприятимуть формуванню навичок аналізу та творчого мислення.

Інноваційні технології

Інноваційні підходи, як-от використання доповненої реальності (AR), дозволяють студентам вивчати моделі трансмісії у 3D-форматі. Програми на кшталт Unity або Unreal Engine допоможуть створювати інтерактивні віртуальні моделі. Інтеграція онлайн-ресурсів (Coursera, Udemy) надасть студентам доступ до відеоуроків і симуляторів, що покращують розуміння складних технічних концепцій.

Формування інтересу до навчання

Для підвищення зацікавленості студентів можна організувати екскурсії до автосервісів чи заводів. Конкурси на тему «Оптимізація ККД колісного рушія для електромобілів» сприятимуть розвитку творчого підходу до вирішення технічних завдань.

2.3 Аналіз базових знань студентів.

Аналіз базових знань учнів є ключовим етапом роботи викладача, спрямованим на оцінку стартового рівня підготовки учнів перед початком курсу чи нової теми. Це дозволяє скоригувати вже сформовані вміння, виявити прогалини в знаннях і обрати оптимальні методи викладання. Базовий матеріал – це знання, пов'язані з темою, які забезпечують доступність для учнів нової інформації.

Міжтемні зв'язки (МТ-зв'язки) є важливим елементом аналізу, адже вони відображають взаємозв'язок тем як у межах одного курсу, так і між різними дисциплінами. Ці зв'язки можна класифікувати:

За послідовністю:

- попередні – ті, що повинні бути засвоєні перед вивченням нової теми;
- супутні – ті, що формуються одночасно з новим матеріалом;
- перспективні – ті, що використовуватимуться у подальшому навчанні;

За змістом:

- вибір навчального матеріалу;
- комплексне використання знань із різних тем чи предметів;
- єдність методів викладання і контролю;
- узгодженість у трактуванні понять і термінології.

Важливість аналізу МТ-зв'язків

Установлення типу зв'язків допомагає визначити способи їх реалізації у навчальному процесі, спланувати ефективний контроль базових знань і підготувати учнів до засвоєння нового матеріалу. Це також дає змогу швидко адаптувати методику викладання, якщо результати попереднього контролю виявляються незадовільними. У такому разі необхідно оперативно сформулювати необхідні знання та вміння, щоб уникнути труднощів у навчанні.

У таблиці 2.2. подано приклад аналізу міжтемних зв'язків і базового матеріалу для теми «ККД трансмісії та колісного рушія». В аналізі також зазначені способи актуалізації знань, які викладач може застосувати для формування необхідної підготовки учнів перед вивченням нової теми.[28]

Таблиця 2.2 – Аналіз МТ-зв'язків

Перелік базового матеріалу	Тип МТ-зв'язків	Методи і засоби контролю	Методи і засоби формування базових знань і умінь
1	2	3	4
«Технологічне обладнання» Види, призначення і правила експлуатації основного технологічного обладнання, необхідного для оцінювання динамічних Параметрів автомобілів.	За послідовністю: попередня. За змістом: за єдністю трактовки термінології.	Усне фронтальне опитування. Питання: 1. Яке технологічне обладнання необхідне для оцінювання динамічних параметрів автомобілів? 2. Які основні правила експлуатації технологічного обладнання? 3. До чого може привести невірна експлуатація технологічного обладнання?	Повторення в процесі навчання.
«Технологія проведення наукового дослідження» Класифікація характеристик, перелік можливих варіантів, вимоги до точності компонентів.	За послідовністю: попередня. За змістом: за єдністю трактовки термінології.	Бесіда. Питання: 1. За яким принципом працює комплекс МРВК? 2. Які компоненти є обов'язковими для правильної роботи комплексу? 3. Сформулюйте основні вимоги для правильної роботи комплексу?	Пояснення визначень на протязі 15 хвилин із записами на дошці.

Аналіз базових знань студентів є важливим інструментом для оцінки стартового рівня підготовки, що дозволяє викладачеві адаптувати методіку викладання до потреб учнів. Визначення міжтемних зв'язків забезпечує системний підхід до навчання, сприяючи інтеграції знань із різних тем і

дисциплін. Використання попередніх, супутніх і перспективних зв'язків допомагає встановити логічну послідовність у засвоєнні матеріалу. Завдяки цьому аналізу викладач може ефективно коригувати прогалини у знаннях, забезпечуючи доступність і засвоєння нового матеріалу.

2.4 Проєктування мотиваційних технологій навчання

Мотивація спрямована на те, щоб забезпечити швидке залучення учнів до професійної навчально-пізнавальної та навчально-виробничої діяльності, мінімізуючи тривалий процес адаптації, і підтримувати їхню активність на потрібному рівні.

Залежно від поведінкових проявів навчальна мотивація поділяється на зовнішню та внутрішню. Зовнішня мотивація ґрунтується на таких стимулах, як заохочення або покарання, що спрямовують або стримують дії людини. Водночас внутрішня мотивація визначається процесами, які відбуваються у свідомості особистості.

Іншим критерієм навчальної мотивації є відповідність етапам навчального процесу. Згідно з ним виділяють вступну, поточну та заключну мотивацію.

Вступна мотивація активізує навчальну діяльність тих, хто навчається, сприяє формуванню первинного бажання освоїти навчальну діяльність, викликає інтерес до процесу навчання. Вона може здійснюватися у формі бесіди, показу, демонстрації того або іншого предмету або явища, на освоєння якого буде направлений весь процес навчання. Основними методами є мотивуючий вступ і мотивуюча демонстрація. Поточна мотивація забезпечує оптимальне педагогічне спілкування в процесі навчання, сприяє формуванню стійкого інтересу до навчальної діяльності і підтримує цей інтерес на всіх етапах навчання. Вона може здійснюватися різними методами відповідно до етапів здійснення діяльності, а саме:

– в процесі його пояснення – бесіда, лекція, розповідь;

– в ході виконання практичних завдань – рішення задач і завдань, виконання лабораторних робіт;

– в процесі контролю – поточний, підсумковий, завершальний.

Поточна мотивація забезпечує оптимальне педагогічне спілкування в процесі навчання, сприяє формуванню стійкого інтересу до навчальної діяльності та підтримує цей інтерес на всіх етапах навчання.

Вона може здійснюватися різними методами навчання відповідно до етапів формування діяльності:

– у процесі його пояснення (бесіда, лекція, розповідь);

– в ході виконання практичних завдань (розв'язання задач, вирішення завдань, виконання лабораторних робіт);

– у процесі контролю (поточний, підсумковий, заключний тощо).

Заключна мотивація забезпечує позитивний зворотній зв'язок або інформує учнів про успішність їхньої діяльності.

Вибір мотивації залежить від характеристики навчальної групи (відношення учнів до навчання та майбутньої професії). Розглянемо нашу групу та внесемо отримані дані в таблицю 2.3 [29].

Розглянемо способи реалізації мотивації при вивченні теми «ККД трансмісії та колісного рушію» у табл. 2.4

Таблиця 2.3 – Характеристика навчальної групи

Показники навчальної групи	Значення показників що варіюються
Середній бал з опорних дисциплін	«3» – 10% «4» – 67% «5» – 23%
Поведінкова характеристика групи	– дисциплінованість – згуртованість – наявність позитивного лідера – доброзичливість один до одного
Переважаючий тип мислення	Логічний тип мислення
Відношення до майбутньої професії	Позитивне
Відношення до предмету	Позитивне
Переважаючий тип темпераменту	Холерик
Місце проживання	Місцевий
Соціально-економічне становище	Середній достаток

Таблиця 2.4 – Види мотивації для студентів

Способи реалізації різних видів мотивації	Зовнішня мотивація	Внутрішня мотивація
1	2	3
Вступна мотивація	Вивчення даної теми є першочерговим завданням для вас. Вам необхідно поставитись до цього серйозно і відповідально. Наприкінці вивчення матеріалу ми напишемо контрольну роботу, оцінка впливатиме на ваші семестрові результати.	Доброго дня! Сьогодні ми розглянемо важливу тему - «ККД трансмісії та колісного рушію». Інформація яку ви сьогодні отримаєте, знадобиться вам для успішного оволодіння професією інженера-педагога.
Поточна мотивація	Цей етап характерний тим, що будуть виставлені позитивні оцінки за умови виконання домашнього завдання у встановлений термін.	Ви демонструєте чудові результати. Приємно бачити, що ця тема вас зацікавила. Адже вона знадобиться вам не лише як кваліфікованим фахівцем, а й як споживачам, при виборі автомобіля, наприклад.
Заключна мотивація	Наступний урок буде заключним для вивчення даної теми. Ми проведемо контрольну роботу, добре повторіть вивчений матеріал.	Знання, що ви отримали неодмінно будуть для вас корисними.

2.5 Особливості командної роботи в процесі засвоєння навчального матеріалу з теми «ККД трансмісії та колісного рушію»

Особливості командної роботи в процесі засвоєння теми «ККД трансмісії та колісного рушія» включають використання інтерактивних і кооперативних методів навчання, які сприяють глибокому розумінню матеріалу, розвитку технічних і міжособистісних навичок. Ця тема є актуальною для формування професійної компетентності в галузі техніки, тому командний підхід дозволяє учням не лише здобувати знання, а й працювати у форматі, максимально наближеному до реальних умов праці.

Роль командної роботи у вивченні технічних дисциплін

Командна робота є ефективним засобом організації навчального процесу, оскільки:

- розвиває критичне мислення: учні разом аналізують завдання, розглядають різні підходи до вирішення та оцінюють результати;
- сприяє взаємодопомозі: сильніші учасники допомагають іншим засвоїти складні аспекти теми;
- формує професійні навички: учні вчаться працювати у групах, приймати спільні рішення, презентувати свої ідеї.

Етапи організації командної роботи

Підготовчий етап:

- викладач визначає навчальні цілі (наприклад, розуміння впливу тертя на ККД трансмісії);
- формуються команди з урахуванням рівня підготовки учнів (групи мають бути збалансованими);
- розподіляються ролі в групі: лідер, аналітик, виконавець, доповідач, контролер.

Вивчення теоретичного матеріалу:

- студенти разом обговорюють поняття ККД трансмісії, фактори, які впливають на енерговтрати, і особливості роботи колісного рушія;
- з'ясовують міжтемні зв'язки, наприклад, як теорія механічних передач впливає на розрахунок ККД.

Практичний етап:

- кожна команда отримує конкретне завдання (наприклад, розрахувати ККД механічної трансмісії за заданими параметрами чи визначити, як зміна характеристик колісного рушія вплине на загальний ККД);
- учні виконують розрахунки, будують схеми, аналізують різні варіанти.

Аналіз і презентація результатів:

- кожна команда презентує свої напрацювання, обґрунтовує вибрані підходи та відповідає на запитання інших груп;

– проводиться колективне обговорення, де учні аналізують сильні й слабкі сторони різних рішень.

Заключний етап:

Викладач підбиває підсумки роботи, дає зворотний зв'язок, коригує неточності в розрахунках чи підходах.

Навчальні методи, що підтримують командну роботу:

– метод кейсів: аналізуються конкретні технічні ситуації, наприклад, чому в автомобілях певного типу ефективність трансмісії нижча;

– метод проєктів: розробка моделі трансмісії з максимально високим ККД або удосконалення існуючих систем;

– рольові ігри: кожен учасник виконує певну роль (інженер, аналітик, менеджер), що моделює реальну роботу в технічній команді.

Приклад завдання для командної роботи

Команді пропонується проаналізувати вплив наступних факторів на ККД:

– тип трансмісії (механічна, автоматична, варіаторна);

– характеристики колісного рушія (розмір, матеріал покриття, сила тертя).

– умови експлуатації (дорога, швидкість, навантаження);

Результати слід представити у вигляді таблиці, графіків або презентації.

Переваги командного підходу:

– поглиблення знань: учні засвоюють не лише теорію, а й отримують практичний досвід у застосуванні матеріалу;

– розвиток комунікаційних навичок: у процесі дискусій учні вчаться висловлювати свої думки, аргументувати позиції;

– мотивація до навчання: групова робота створює елемент змагання, що стимулює учнів до активності;

– реалізація міждисциплінарного підходу: учні використовують знання з інших предметів (фізика, математика) для вирішення задач.

Командна робота при вивченні теми «ККД трансмісії та колісного рушія» дозволяє учням засвоїти складний матеріал у інтерактивній і практичній формі. Такий підхід формує навички аналізу технічних систем, розвиває вміння

співпрацювати й допомагає ефективно інтегрувати теоретичні знання в практичні завдання.

2.6 Проведення педагогічного експерименту щодо засвоєння знань з дисципліни «ККД трансмісії та колісного рушія»

Тема: Викладання теми «ККД трансмісії та колісного рушія» студентам ХМФК за різними методиками

Мета дослідження

Метою дослідження було визначити ефективність нової методики викладання порівняно зі старою у процесі навчання студентів Харківського механіко-технологічного фахового коледжу (ХМФК) теми «ККД трансмісії та колісного рушія».

Опис дослідження

Дослідження охоплювало дві групи студентів ХМФК, які вивчали тему «ККД трансмісії та колісного рушія» за різними методиками викладання. Перша група навчалася за старою методикою, яка передбачала традиційний підхід до подачі матеріалу. Лекція складалася із загального теоретичного опису теми без акценту на сучасні практичні аспекти та новітні дослідження у сфері транспорту. Такий підхід не включав уточнених моделей аналізу автотранспортних засобів та сучасних технічних даних.

Друга група навчалася за новою методикою викладання, яка базувалася на сучасних дослідженнях, адаптованих для освітнього процесу.

В матеріалі для цієї групи було пояснено некоректність представлення ходової частини автомобіля як складової частини системи «автомобіль-дорога».

Представлення дороги як замикаючої ланки чотирьохланкового механізму дозволило отримати раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами, що позитивно посприяло на розуміння теми лекції.

Лекція включала:

– порівняльний аналіз ККД колісного рушія. Було пояснено, що двовісний повнопривідний автомобіль має більшу величину ККД колісного рушія порівняно з автомобілем, що має лише одну вісь з ведучими колесами;

– особливості електромобілів. Детально розглянуто раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами залежно від таких чинників, як положення центру мас автомобіля, характеристики шин, коефіцієнти зчеплення з дорогою та опору кочіння коліс;

– удосконалення теорії динамічного аналізу. Представлено уточнену модель колісного рушія, що дозволяє краще аналізувати динаміку автотранспортних засобів, враховуючи сучасні технології та інженерні досягнення.

Лекції в обох групах супроводжувалися ілюстративними матеріалами, проте друга група мала доступ до схем, графіків і прикладів, які базувалися на сучасних дослідженнях.

Після завершення лекційного матеріалу обидві групи пройшли тестування. Тести склалися із запитань, спрямованих на перевірку розуміння основних принципів, технічних аспектів та практичних застосувань теми.

Результати дослідження

Результати тестування вказують на суттєву різницю в рівні засвоєння матеріалу між двома групами.

Студенти першої групи, які навчалися за старою методикою, продемонстрували середній рівень розуміння теми. Частина студентів мала труднощі з поясненням ключових понять, таких як ефективність повнопривідних систем, особливості роботи колісного рушія та залежності між крутним моментом і коефіцієнтами опору. Середній бал тестування у цій групі становив 64%.

Друга група, яка навчалася за новою методикою, продемонструвала значно вищий рівень знань. Студенти змогли правильно пояснити принципи розподілу крутного моменту між колесами електромобіля, переваги двовісних повнопривідних автомобілів і вплив різних факторів на ККД колісного рушія.

Середній бал тестування в цій групі становив 83%, що є на 30% вищим, ніж у першої групи.

Аналіз відповідей також показав, що студенти другої групи краще орієнтувалися у складних теоретичних аспектах і могли застосовувати знання на практиці, чого не спостерігалось у першій групі.

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що нова методика викладання є значно ефективнішою для засвоєння складних технічних тем. Вона дозволяє студентам краще зрозуміти не лише базові теоретичні аспекти, а й складні практичні питання, що робить її актуальною для впровадження у навчальний процес.

Рекомендується запровадити нову методику викладання як основну для вивчення теми «ККД трансмісії та колісного рушія» та інших дисциплін, пов'язаних із технічними характеристиками автотранспортних засобів. Також необхідно оновити навчальні програми, включивши сучасні дослідження, практичні приклади та уточнені моделі аналізу. Для підвищення якості викладання слід організувати тренінги для викладачів, які ознайомлять їх із сучасними методами навчання, адаптованими до потреб студентів.

ВИСНОВКИ

Робота містить вирішення наукового завдання, яке полягає в удосконаленні методики викладання ККД трансмісії та колісного рушію та направлене на підвищення кваліфікації інженерів педагогів з дисципліни «Теорія автомобілів»

1. Інженерна педагогіка є ключовою складовою професійної освіти. Вона поєднує знання з різних галузей, адаптує сучасні освітні технології й орієнтується на потреби суспільства, сприяючи підвищенню якості технічної освіти.

1.1 Українська інженерно-педагогічна освіта трансформувалася для підвищення якості підготовки фахівців і адаптації до сучасного ринку праці.

1.2. Тісний взаємозв'язок технічної і педагогічної складових забезпечує ефективність навчання, дозволяючи інженерам-педагогам поєднувати технічні знання з педагогічними компетентностями.

1.3. Поліфункціональність підготовки дає змогу інтегрувати технічні, педагогічні, наукові й управлінські компетентності, роблячи викладачів гнучкими та конкурентоспроможними.

1.4. Компетентність інженера-педагога сприяє ефективному навчанню й мотивації студентів, готуючи їх до професійної діяльності в умовах глобальних викликів.

1.5. Інноваційний підхід до викладання дисциплін дозволяє підвищити якість підготовки інженерів-педагогів і забезпечити їхню конкурентоспроможність.

2. Психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Професійна освіта.Транспорт».

Ефективність методики залежить від правильного вибору навчальних підходів і формулювання практичних рекомендацій.

2.1. Університетський навчальний процес має формувати професійну спрямованість студентів із першого курсу, додаючи дисциплінам прикладного значення.

2.2. Розробка дидактичних матеріалів із теми «ККД трансмісії та колісного рушія» сприяє кращому засвоєнню теорії передачі енергії в автомобілі та розвитку професійних навичок. Використання сучасних технологій і графічних матеріалів стимулює зацікавленість студентів.

2.3. Аналіз базових знань дозволяє адаптувати викладання до рівня студентів. Використання міжтемних зв'язків забезпечує системний підхід до навчання й логічну послідовність у засвоєнні матеріалу.

2.4. Мотиваційні технології спрямовані на залучення студентів до активного навчання. Внутрішня мотивація, що базується на особистісних інтересах, є найефективнішою.

2.5. Командна робота сприяє засвоєнню складних тем через інтерактивні й практичні форми навчання. Це формує аналітичні та співробітницькі навички, допомагаючи інтегрувати теорію в реальні завдання.

2.6. Нова методика є значно ефективнішою для засвоєння технічних тем. Вона сприяє розумінню як базових теоретичних аспектів, так і практичних завдань, забезпечуючи її актуальність для освітнього процесу.

3 ККД ТРАНСМІСІЇ АВТОМОБІЛІВ

3.1 Коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля з ДВЗ

Ефективна потужність, що виробляється двигуном, не вся передається на колеса автомобіля через втрати потужності в трансмісії. Вони зазвичай оцінюються механічним коефіцієнтом корисної дії трансмісії (ККД), яким називають відношення потужності на провідних колесах автомобіля до ефективної потужності двигуна:

$$\eta_m = \frac{N_k}{N_e} = \frac{N_e - N_r}{N_e} = 1 - \frac{N_r}{N_e}, \quad (3.1)$$

де — механічний ККД трансмісії;

N_k — потужність на провідних колесах автомобіля;

N_e — ефективна потужність двигуна;

N_r — що втрачається потужність у трансмісії.

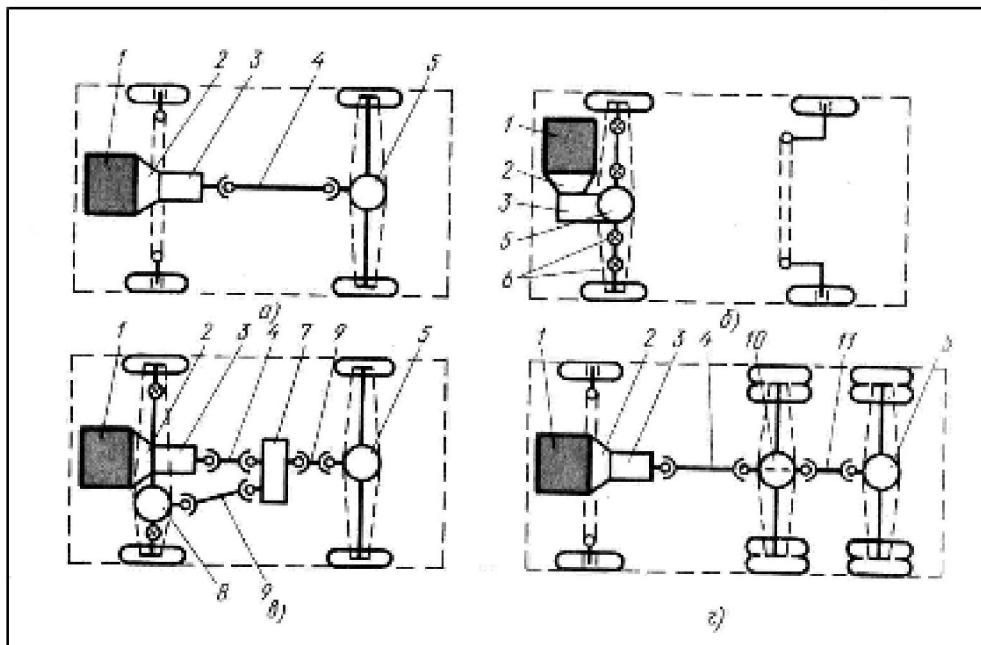
Потужність на провідних колесах можна визначити з (3.1) як:

$$N_k = N_e \cdot \eta_m \quad (3.2)$$

Механічний ККД трансмісії автомобіля можна представити як добуток ККД агрегатів що входять до неї :

$$\eta_m = \eta_{зч} \cdot \eta_{кп} \cdot \eta_k \cdot \eta_c, \quad (3.3)$$

де $\eta_{зч}$, $\eta_{кп}$, η_k , η_c — ККД зчеплення, коробки передач, карданної передачі та головної передачі відповідно.



а – автомобіля 4×2; б – передньопривідного автомобіля 4×2;

в – автомобіля 4×4; г – автомобіля 6×4

Рисунок 3.1 – Найпоширеніші схеми трансмісій

Для багатовісних автомобілів слід враховувати ККД роздавальної коробки та всіх інших пристроїв, вбудованих у трансмісію.

Коефіцієнт корисної дії зчеплення, крім процесу рушання, досить висока і становить близько 0,995. Таке значення має коефіцієнт корисної дії карданної передачі при кутах $\sim 7...8^\circ$ між осями валів, але у разі їх збільшення, а також недостатнього змащення карданних шарнірів ККД може різко знизитися. Основні втрати потужності у трансмісії припадають на коробку перемикання передач,(роздавальну коробку) та головну передачу.

Розрізняють два види втрат потужності в трансмісії: механічні втрати на тертя між зубами шестерень та частково у підшипниках тертя між ущільнювальними манжетами та валами; гідравлічні витрати на тертя шестерень з мастилом. Другий вид втрат значно зростає зі збільшенням як швидкості обертання валів, такі в'язкості мастила, що залежить від його температури.

Втрати потужності в трансмісії знижуються при збільшенні переданого трансмісією крутного моменту і зростають при збільшенні швидкості обертання валів, кількості та в'язкості мастила, залитої в картери коробки передач та головної передачі. Вони також залежать від технічного стану трансмісії та ходової частини автомобіля. Так, наприклад, неправильне регулювання підшипників головної передачі, диференціала, маточин коліс призводить до зниження ККД, а отже, до збільшення втрат потужності в трансмісії.

Механічний ККД трансмісії змінюється у процесі експлуатації автомобіля. На новому автомобілі в період приробітку, ККД дещо зростає, потім протягом тривалого часу залишається приблизно постійним, а через деякий час в результаті зношування робочих поверхонь деталей і збільшення зазорів між ними починає знижуватися.

При аналізі експлуатаційних властивостей автомобіля, які потребують високої точності, набувають деякі середні значення ККД, які залежать від режиму роботи трансмісії (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 — Діапазон значень механічного ККД трансмісії

Вид автомобіля	
Легкові автомобілі й АТС на їхній базі	0,92-0,95
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з подвійною головною передачею	0,85-0,92
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з подвійною головною передачею й автомобілі з колісною формулою 4×4	0,83-0,85
Тривісні вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з приводом на два мости (колісна формула 6×4)	0,80-0,83
Тривісні автомобілі з колісною формулою 6×6 і АТС на їхній базі	0,78-0,80

До 90-х років ХХ століття найвище значення, порівняно з комбінованими трансмісіями (гідромеханічними, електричними та ін.), мав ККД механічної

трансмисії. В даний час високі технології, що використовуються в автомобілебудуванні, дозволяють створювати конкурентоспроможні механічним комбіновані трансмісії. Це підтверджується збільшенням частки легкових автомобілів, обладнаних гідромеханічними трансмісіями та варіторами (близько 54% всіх зроблених у 2000 році та прогнозується до 61% у 2010 році [30]).

3.2 ККД трансмісії електромобілів

У двигунів внутрішнього згорання зв'язок між крутним моментом, що видаються двигуном, і швидкістю обертання його вала - нелінійна. Максимальне зусилля двигун розвиває в досить вузькому діапазоні оборотів, ні на самих мінімальних, ні на самих максимальних.

Роз'єднувати двигун і силову передачу потрібно практично при кожній зміні режиму руху, так як робочий цикл в циліндрах розраховується на режим максимального ККД при середніх оборотах і максимальної потужності на високих – так автомобіль має максимальну динамічність. Перехідні режими з розривом циклу для ДВС небажані – виникає детонація в циліндрах. Обороти ж бажано тримати в робочому діапазоні, близькому до режиму максимального ККД – для економічності [31].

Однак електричний двигун влаштований інакше. У нього крутний момент не залежить від обертів. Інакше: на будь-якій швидкості обертання, від мінімальної до максимальної, електродвигун віддає одну і ту ж потужність і "крутний момент". Тобто при використанні електродвигуна можна відмовитися від коробки передач, та задовільнитися спрощеним її варіантом.

Але на електромобілях всеодно використовуються коробки перемикування передач, приблизно такі ж, як на автомобілях з ДВС. Це обумовлено тим що електродвигун не в змозі повністю перекрити весь діапазон змін умов руху. Аналізуючи літературу видно що різні виробники використовують як силовий елемент, електродвигуни різних конструкцій.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) трансмісії електромобіля є одним із найвищих серед сучасних транспортних засобів і суттєво перевершує ККД трансмісії автомобілів із двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ). Це обумовлено простою конструкцією трансмісії та мінімальними втратами енергії під час передачі крутного моменту від двигуна до коліс.

Трансмісія електромобіля має ККД на рівні 95-97%. Це означає, що лише 3-5% енергії втрачається у процесі передачі потужності, тоді як решта ефективно передається на колеса. У порівнянні, трансмісії традиційних автомобілів із ДВЗ мають ККД 85-92%, залежно від конструкції та технічного стану.

У більшості електромобілів трансмісія складається лише з одного або двох ключових елементів:

- редуктор (одноступенева коробка передач, рис 3.2): використовується для передачі крутного моменту, оскільки електродвигуни здатні забезпечувати широкий діапазон обертів без потреби у багатоступневих передачах;

- прямий привод (у деяких моделях): електродвигун підключений безпосередньо до коліс, що додатково знижує втрати.

Відсутність таких елементів, як зчеплення, багатоступенева коробка передач, карданна передача чи роздавальні коробки, зменшує кількість точок тертя і складність передачі енергії.

Багатоступенева трансмісія (рис. 3.3) підвищує ефективність рекуперації енергії: при уповільненні і гальмуванні двигуном автоматика переводить КП на нижчу передачу - швидкість обертання ротора працюючого в генераторному режимі електродвигуна зростає. Відповідно, зростає і вироблення енергії [5].

Audi e-tron

Front electric motor with power electronics

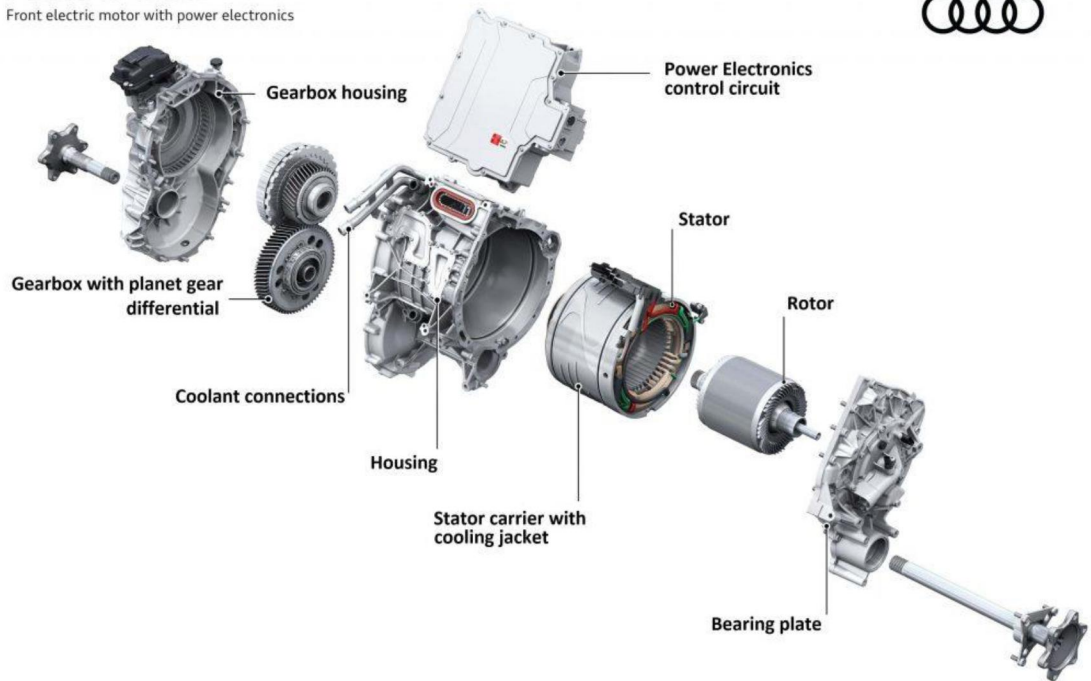


Рисунок 3.2 – Будова планетарної КП автомобіля Audi



Рисунок 3.3 – Коробка передач конструкції AntonovPLC

Вже в цьому році триступеневу коробку передач встановлять на експериментальний електромобіль Jaguar Limo-Green зі збільшеним запасом ходу. Цей проект підтримується британським державним управлінням технологічної стратегії (TSB - UK's Technology Strategy Board). Без серйозних переробок коробки передач можна зробити і чотириступінчастою, що ще більше підвищить ККД силового агрегату. Використання схеми з двома зчепленнями забезпечує безперервність передачі крутного моменту [31].

Мінімізація втрат енергії

Механічні втрати трансмісії електромобіля мінімізовані завдяки високоточній обробці зубчастих передач у редукторі, ефективному використанню підшипників та відсутності зайвих елементів, як-от диференціал.

Гідравлічні втрати практично відсутні, оскільки мастило використовується тільки для змащення редуктора, а не для охолодження чи роботи додаткових компонентів, як у трансмісіях ДВЗ.

Фактори, що впливають на ККД

Температура мастила: При нормальній температурі змащувальні матеріали у трансмісії забезпечують низький опір. Але у випадку надмірного нагрівання або зношення змащувальних матеріалів втрати можуть зростати.

Технічний стан: За умови належного обслуговування трансмісії електромобілів ККД залишається стабільно високим протягом усього періоду експлуатації.

У порівнянні з трансмісіями автомобілів із ДВЗ, у яких ККД може знижуватися через зношення підшипників, зубців шестерень чи погіршення якості змащувальних матеріалів, трансмісії електромобілів демонструють набагато вищу стабільність. Відсутність складних компонентів і менше навантаження на механічні частини забезпечують тривалу ефективну роботу.

Режими роботи

Електромобілі не потребують частих перемикачів передач, що знижує втрати енергії у трансмісії під час експлуатації.

Завдяки можливості регенеративного гальмування деяка частина енергії повертається в батарею, що ще більше підвищує загальну ефективність системи.

Таблиця 3.2 – Порівняння ККД трансмісії електромобілів з трансмісіями автомобілів з ДВЗ

Параметр	Трансмісія електромобіля	Трансмісія автомобіля з ДВЗ
ККД	95-97%	85-92%
Кількість компонентів	Мінімальна (редуктор, вал)	Зчеплення, коробка передач, карданний вал, тощо...
Механічні втрати	Мінімальні	Значні (тертя у зубцях шестерень, підшипники)
Гідравлічні втрати	Практично відсутні	Високі при нагріванні мастила
Стабільність ККД	Висока	Залежить від стану та регулювання компонентів

ККД трансмісії електромобіля суттєво перевищує аналогічний показник у традиційних автомобілях із ДВЗ завдяки спрощеній конструкції, мінімізації втрат енергії та стабільності роботи. Високий ККД, у поєднанні з ефективністю електродвигуна, є однією з основних причин, чому електромобілі вважаються більш енергоефективними й технологічно прогресивними транспортними засобами.

3.3 Дослідження впливу розподілу крутних моментів між осями на енергетичну ефективність двовісного автомобіля

У сучасному автомобілебудуванні низка авторів зазначає, що передне розташування двигуна в поєднанні з приводом на передні колеса сприяє підвищенню вібростійкості та коефіцієнта корисної дії (ККД) моторно-трансмісійної установки, що, у свою чергу, підвищує енергетичну ефективність автомобіля. На основі раніше отриманих авторами цієї статті залежностей для

розрахунку миттєвого ККД колісного рушія доведено, що передньопривідні автомобілі мають більш високий показник цього параметра.

Запропоновано способи підвищення енергетичної ефективності двовісних автомобілів шляхом збільшення миттєвого ККД колісного рушія через раціональний вибір шин ведучого моста та регулювання розподілу тягових моментів між передніми та задніми мостами. Розв'язано задачу визначення ККД колісного рушія двовісного автомобіля із переднім або заднім приводом ведучих коліс. Отримані аналітичні вирази дозволили оцінити енергетичну ефективність колісного рушія за величиною миттєвого ККД у передньо- та задньопривідних автомобілях. Проведений порівняльний аналіз продемонстрував вищу ефективність передньопривідних автомобілів щодо забезпечення більш високого значення ККД колісного рушія.

Доведено, що для двовісних автомобілів із здвоєними шинами на задніх колесах привід слід здійснювати або на задні, або на всі колеса.

Переваги передньопривідних легкових автомобілів розкриті у відомих роботах [32-33]. Легкові автомобілі з таким компонованням вирізняються містким багажником і високим коефіцієнтом використання довжини [33]. Оскільки веденими є задні колеса, передньопривідні автомобілі забезпечують більшу бічну стійкість проти занесення в тяговому режимі руху порівняно з іншими схемами компоновання [34].

Результати досліджень [35,36] показали, що через збільшення потужності двигунів і швидкості руху задньопривідні автомобілі після 2010 року вже не відповідають вимогам стійкості. Це також підтверджується стандартами європейських країн та Ізраїлю, які регламентують установлення систем динамічної стабілізації (ESP) на пасажирські автомобілі, починаючи з 2010 року.

Нетрадиційний підхід до тягового розрахунку автомобіля, запропонований у роботі [37], дозволив у роботі [38] отримати аналітичний вираз для визначення миттєвого ККД колісного рушія автомобіля з веденими та ведучими колесами:

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}} = \left[1 - \frac{M_{\kappa 2}}{C_{\text{круз}}} \left(1 - \frac{R_{z2} f R_{\delta}}{M_{\kappa 2}} \right) \right] \left[n_2 \left(1 - \frac{R_{z2} f R_{\delta}}{M_{\kappa 2}} \right) - n_1 \frac{R_{z1} f R_{\delta} \omega_{\kappa 2}}{\eta_{\text{мп}}^{\text{мит}} N_e} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{круз}}}{f R_{z1} R_{\delta}}} \right) \right], \quad (3.4)$$

де $R_{z1}; R_{z2}$ – нормальні реакції на ведених та ведучих колесах, відповідно;

$M_{\kappa 2}$ – крутний момент на ведучому колесі;

$C_{\text{круз}}$ – сумарна кругова жорсткість шин двох коліс однієї осі;

F – коефіцієнт опору коченню колеса;

R_{δ} – динамічний радіус колеса;

$\omega_{\kappa 2}$ – кутова швидкість колеса;

N_e – ефективна потужність двигуна;

$\eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}$ – миттєвий ККД трансмісії.

Формула (3.4) була раніше перетворена в роботі [34] до виду:

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}} = 1 - \left[\frac{m^2 g^2 f^2 R_{\delta}^2 (a^2 + b^2)}{L_2 C_{\text{круз}} M_e U_{\text{тр}} \eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}} + \frac{mgfR_{\delta}}{M_e U_{\text{тр}} \eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}} - \frac{2mgafR_{\delta}}{L C_{\text{круз}}} + \frac{M_e U_{\text{тр}} \eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}}{C_{\text{круз}}} + 2\beta_m^2 \frac{M_e U_{\text{тр}} \eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}}{C_{\text{круз}}} - \frac{-2\beta_m \left(\frac{mgfR(b-a)}{L C_{\text{круз}}} + \frac{M_e U_{\text{тр}} \eta_{\text{мп}}^{\text{мит}}}{C_{\text{круз}}} \right)}{C_{\text{круз}}} \right], \quad (3.5)$$

де m – маса автомобіля;

$a; b$ – відстань від передньої та задньої осей до проекції центра мас на горизонтальну площину, що проходить через ці осі;

L – продольна колісна база автомобіля;

M_e – ефективний крутний момент двигуна;

$U_{\text{тр}}$ – передатне число трансмісії;

β_m – коефіцієнт розподілу сумарного крутного моменту на передню ось автомобіля.

$$\beta_m = \frac{M_{\text{кп}}}{M_{\text{кп}} + M_{\text{к3}}}; \quad (3.6)$$

$M_{к1}; M_{к3}$ – сумарні крутні моменти на передніх та задніх колесах автомобіля.

Однак у роботі [39] не виконано порівняння миттєвих ККД колісних рушіїв передньопривідних і задньопривідних автомобілів, що унеможливило оцінку їхньої енергетичної ефективності.

Метою дослідження є підвищення енергетичної ефективності двовісних автомобілів шляхом збільшення миттєвого ККД колісного рушія завдяки оптимальному вибору шин ведучого моста.

Для досягнення мети необхідно вирішити задачу визначення ККД колісного рушія двовісного автомобіля з переднім або заднім приводом ведучих коліс.

Порівняємо енергетичну ефективність передньопривідних і задньопривідних двовісних автомобілів за миттєвим коефіцієнтом корисної дії колісного рушія. Сумарний крутний момент, прикладений до коліс, виразимо через коефіцієнт використання зчпної ваги $m_{вук}$ автомобіля:

$$M_{к\Sigma} = M_e \cdot U_{mp} \cdot \eta_{mp}^{мит} = m_{вук} m \varphi g, \quad (3.7)$$

де φ – коефіцієнт щеплення коліс з дорогою;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

Після підстановки (3.7) в (3.5) та перетворень, отримаємо:

$$\eta_{руш}^{мит} = 1 - \frac{f}{m_{вук} \varphi} - \frac{m_{вук} m g \varphi R_{\Delta}}{C_{круз}} \left\{ 1 + 2 \left[\beta_M^2 - \beta_M \left(1 + \frac{f}{m_{вук} \cdot \varphi} \frac{b-a}{L} \right) - \frac{a}{L} \frac{f}{m_{вук} \varphi} \right] \right\}. \quad (3.8)$$

Рівняння (3.8) для задньопривідного автомобіля (при $\beta_M = 0$) прийме вигляд:

$$\left(\eta_{руш}^{мит} \right)_{зи} = 1 - \frac{f}{m_{вук} \varphi} - \frac{m_{вук} m g \varphi R_{\Delta}}{C_{круз}} \left(1 - \frac{a}{L} \frac{f}{m_{вук} \varphi} \right). \quad (3.9)$$

Для передньопривідного автомобіля ($\beta_m = 1$) рівняння (3.8) перетворюється наступним чином:

$$\left(\eta_{руш}^{мит}\right)_{пш} = 1 - \frac{f}{m_{вук}\Phi} - \frac{m_{вук}mg\varphi R_0}{C_{круг}} \left(1 - 2\frac{b}{L} \frac{f}{m_{вук}\Phi}\right). \quad (3.10)$$

Енергетична ефективність передньопривідного автомобіля буде вищою, ніж задньопривідного у випадку:

$$\left(\eta_{руш}^{мит}\right)_{пш} > \left(\eta_{руш}^{мит}\right)_{зп}. \quad (3.11)$$

Після підстановки виразів (3.9) та (3.10) в нерівність (3.11), отримаємо:

$$1 - \frac{f}{m_{вук}\Phi} - \frac{m_{вук}mg\varphi R_0}{C_{круг}} \left(1 - 2\frac{b}{L} \frac{f}{m_{вук}\Phi}\right) > 1 - \frac{f}{m_{вук}\Phi} - \frac{m_{вук}mg\varphi R_0}{C_{круг}} \left(1 - \frac{a}{L} \frac{f}{m_{вук}\Phi}\right). \quad (3.12)$$

З нерівності (3.12) знаходимо:

$$\frac{mgfR_0}{C_{круг}} \left(\frac{3b}{L} - 1\right) > 0. \quad (3.13)$$

Умова (3.13) виконується при:

$$\frac{b}{L} > \frac{1}{3}. \quad (3.14)$$

Нерівність (3.14) відображає умову, за якої передньопривідні автомобілі мають вищий миттєвий ККД колісного рушія.

На вантажних автомобілях задню вісь часто оснащують здвоєними шинами, що подвоює сумарну кругову жорсткість, внаслідок чого рівняння (3.9) набуває нового вигляду. У таблиці 3.3 наведено максимальні значення

коефіцієнта використання зчпної ваги для різних типів доріг [40], при цьому сумарна кругова жорсткість $C_{\text{кит}}$ збільшується вдвоє та рівняння (3.9) прийме вигляд:

$$\left(\eta_{\text{руш}}^{\text{ит}}\right)_{\text{ит}}^1 = 1 - \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi} - \frac{m_{\text{вук}}mg\Phi R_{\text{д}}}{C_{\text{кит}}} \left(1 - \frac{a}{L} \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi}\right). \quad (3.15)$$

Умова (3.11) в цьому випадку:

$$\left(\eta_{\text{руш}}^{\text{ит}}\right)_{\text{ит}} > \left(\eta_{\text{руш}}^{\text{ит}}\right)_{\text{ит}}^1. \quad (3.16)$$

Підставляючи (3.11) та (3.15) у вираз (3.16), отримаємо:

$$1 - \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi} - \frac{m_{\text{вук}}mg\Phi R_{\text{д}}}{C_{\text{кит}}} \left(1 - 2\frac{b}{L} \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi}\right) > 1 - \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi} - \frac{m_{\text{вук}}mg\Phi R_{\text{д}}}{2C_{\text{кит}}} \left(1 - \frac{a}{L} \frac{f}{m_{\text{вук}}\Phi}\right). \quad (3.17)$$

Звідки визначаємо умову отримання більш високого ККД колісного рушія передньопривідного двовісного автомобіля зі здвоєними задніми шинами.

$$m_{\text{вук}} < \frac{f}{\Phi} \left(5\frac{b}{L} - 1\right). \quad (3.18)$$

Звідки знаходимо:

$$\frac{b}{L} > 0,2 \left(1 + m_{\text{вук}} \frac{\Phi}{f}\right). \quad (3.19)$$

З умови того, що $\frac{b}{L}$ не може бути більше одиниці, визначимо з нерівності (3.19):

$$m_{\text{вук}} \leq 9 \frac{f}{\Phi}. \quad (3.20)$$

В таблиці 3.3 для різних типів шляху [40] наведені максимальні значення коефіцієнта використання зчпної ваги при якому ККД колісного рушія передньопривідного автомобіля зі здвоєними задніми шинами буде вище, ніж у задньопривідного.

Таблиця 3.3 – Максимальні значення коефіцієнта використання ваги

Тип шляху	f	φ	f / φ	$(m_{\text{вук}})_{\text{max}}$
Асфальтоване шосе	0,017	0,67	0,025	0,228
Гравійно-щебенева дорога	0,025	0,57	0,044	0,395
Бруківка	0,030	0,45	0,067	0,600
Суша ґрунтова дорога	0,040	0,60	0,067	0,600
Ґрунтова дорога після дощу	0,100	0,42	0,238	1,00*
Пісок	0,200	0,70	0,286	1,00*
Снігова укочена дорога	0,035	0,32	0,109	0,984

*При $(m_{\text{вук}})_{\text{max}} > 1$ в таблиці 3.3 приймалося $(m_{\text{вук}})_{\text{max}} = 1$.

Приймаючи $m_{\text{вук}} = (m_{\text{вук}})_{\text{max}}$ визначимо мінімальне значення:

$$\left(\frac{b}{L}\right)_{\text{min}} = 0,2 \left[1 + (m_{\text{вук}})_{\text{max}} \frac{\varphi}{f} \right], \quad (3.21)$$

при якому енергетична ефективність колісного рушія передньопривідного двовісного автомобіля зі здвоєними задніми колесами буде вище ніж задньопривідного.

Таблиця 3.4 – Розрахунок параметрів $\left(\frac{b}{L}\right)_{\min}$ для різних типів шляху[40]

Тип шляху	f	φ	$\frac{\varphi}{f}$	$(m_{\text{вук}})_{\max}$	$\left(\frac{b}{L}\right)_{\min}$
Асфальтоване шосе	0,017	0,67	39,41	0,228	1,0*
Гравійно-щебенева дорога	0,025	0,57	22,80	0,395	1,0*
Бруківка	0,030	0,45	15,00	0,600	1,0*
Суха ґрунтова дорога	0,040	0,60	15,00	0,600	1,0*
Ґрунтова дорога після дощу	0,100	0,42	4,20	1,00*	1,0*
Пісок	0,200	0,70	3,50	1,00*	0,9
Снігова укочена дорога	0,035	0,32	9,14	0,984	1,0*

*В таблиці 3.4 при $\left(\frac{b}{L}\right)_{\min} > 1$ приймалося $\left(\frac{b}{L}\right)_{\min} = 1$.

Аналіз результатів розрахунків, поданих у таблиці 3.4, дозволяє зробити висновок: якщо двовісний автомобіль має здвоєні шини на задній осі, привід доцільно реалізовувати на задні або на всі колеса.

На рис. 3.4 представлено графіки залежності, $\eta_{\text{пук}}^{\text{мтм}}(\beta_m)$ побудовані за рівнянням (3.8) для умовного автомобіля за різних значень коефіцієнта використання зчпної ваги.

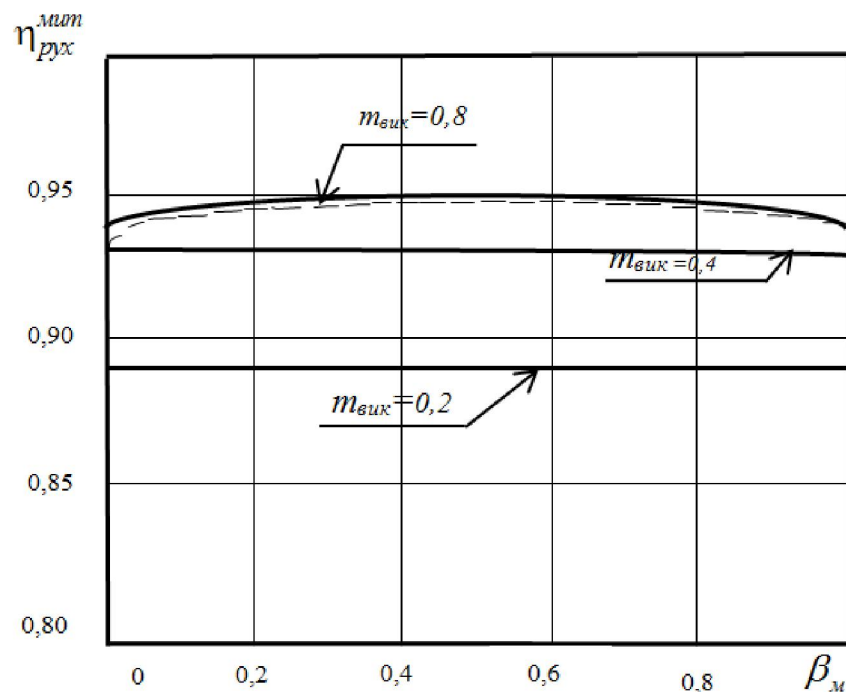


Рисунок 3.4 – Залежність $\eta_{рух}^{мин}(\beta_m)$ при різному коефіцієнті і використанні зчпної ваги $m_{вук}$ умовного автомобіля: $m=1000$ кг;

$$\varphi = 0,8; f = 0,018; \frac{b}{L} = 0,55; \frac{a}{L} = 0,45; C_{крут} = 50000 \text{ Н.м/рад.}$$

Аналіз графіків залежності, наведених на рис. 3.4 показує, що функція $\eta_{рух}^{мин}(\beta_m)$ має максимум. Зі збільшенням коефіцієнта використання зчпної ваги автомобіля $m_{вук}$ відбувається збільшення коефіцієнта корисної дії колісного рушія. При малих значеннях $m_{вук} = 0,2; m_{вук} = 0,4$ величина $\eta_{рух}^{мин}$ практично не залежить від коефіцієнта β_m розподілу крутних моментів на передню вісь.

Для математичної моделі колісного рушія, що розглядається в роботі [39] визначене оптимальне значення коефіцієнта β_m розподілу крутних моментів на передню вісь

$$(\beta_m)_{opt} = 0,5 \left[1 + \frac{mgfR_o(a-b)}{LM_e U_{mp} \eta_{mp}^{мин}} \right]. \quad (3.22)$$

Після підстановки відношення (3.7) у вираз (3.22), вираз (3.22) прийме вигляд

$$(\beta_M)_{opt} = 0,5 \left[1 + \frac{f}{m_{вук} \Phi} \frac{b-a}{L} \right]. \quad (3.23)$$

Рівняння (3.8) після підстановки у нього $\beta_M = (\beta_M)_{opt}$ дозволяє визначити максимальне значення миттєвого ККД колісного рушія двовісного автомобіля

$$(\eta_{руш}^{мит})_{max} = \left(1 - \frac{f}{m_{вук} \Phi} \right) \left[1 - \frac{m_{вук} \Phi g m R_{\delta}}{C_{круз}} \left(1 + \frac{f}{M_{вук} \Phi} \frac{b-a}{L} \right) \right]. \quad (3.24)$$

Функція $(\eta_{руш}^{мит})_{max}$ по аргументу $m_{вук}$ має оптимум, який визначається відомим методом при

$$\frac{\partial}{\partial m_{вук}} (\eta_{руш}^{мит})_{max} = 0. \quad (3.25)$$

Диференціюючи функцію (2.21), отримаємо

$$\frac{\partial}{\partial m_{вук}} (\eta_{руш}^{мит})_{max} = \frac{f}{\Phi} \frac{1}{m_{вук}^2} \left(1 - \frac{m g f R_{\delta}}{C_{круз}} \frac{b-a}{L} \right) - \frac{m \Phi g R_{\delta}}{C_{круз}} = 0. \quad (3.26)$$

Із рівняння (3.26) знаходимо

$$(m_{вук})_{opt} = \sqrt{\frac{f (C_{круз} - f b - a)}{m \Phi g R_{\delta}}}. \quad (3.27)$$

Друга похідна функції (3.24) по $m_{вук}$

$$\frac{\partial^2}{\partial m_{вук}^2} (\eta_{руш}^{мит})_{max} = -2 \frac{f}{\Phi} \frac{1}{m_{вук}^3} \left(1 - \frac{m g f R_{\delta}}{C_{круз}} \frac{b-a}{L} \right). \quad (3.28)$$

Оскільки величина $m_{вук}$ завжди позитивна, то максимум функції (3.24) в точці $m_{вук} = (m_{вук})_{opt}$ буде при негативній правій частині виразу (3.28), а мінімум – при позитивній. Таким чином (див. праву частину виразу (3.28)), умовою

отримання максимуму буде наступне

$$\frac{mgfR_0}{C_{\text{круз}}} \frac{b-a}{L} < 1, \quad (3.29)$$

а умовою мінімуму:

$$\frac{mgfR_0}{C_{\text{круз}}} \frac{b-a}{L} > 1. \quad (3.30)$$

Таким чином, можна сформулювати такі висновки:

- проведене дослідження підтвердило, що підвищення ККД колісного рушія двовісного автомобіля можливе шляхом оптимального вибору та регулювання розподілу тягових моментів між передньою і задньою осями;
- розроблені аналітичні вирази забезпечують можливість оцінювання енергетичної ефективності колісного рушія за величиною миттєвого ККД як для передньопривідних, так і для задньопривідних автомобілів;
- проведений аналіз показав, що автомобілі з основним переднім приводом мають вищий ККД колісного рушія порівняно з автомобілями із заднім приводом;
- для двовісних автомобілів, обладнаних здвоєними шинами на задніх колесах, доцільно реалізувати привід або тільки на задні, або на всі колеса;
- дослідження виявили, що виконання умови (3.28) забезпечує досягнення максимального значення миттєвого ККД у точці, визначеній виразом (3.27), тоді як дотримання умови (3.30) призводить до мінімального значення в цій же точці.

4 ККД КОЛІСНОГО РУШІЮ АВТОМОБІЛЯ

4.1 Пневматична шина як основний елемент колісного рушію.

Одним із найважливіших елементів шасі автомобіля є колесо, яке передає крутний момент від двигуна, забезпечуючи рух транспортного засобу завдяки силам зчеплення з дорожньою поверхнею. Крім того, колесо приймає ударні навантаження від нерівностей дороги, забезпечує керованість, стійкість, розгін та гальмування автомобіля. Автомобільне колесо складається з диска з ободом і шини, яка може бути камерною або безкамерною (покришкою).

Шина має корд – силовий каркас, виготовлений із декількох шарів прогумованої тканини, армованої нитками з нейлону, металевого дроту або бавовни. Корд надає шині жорсткість, що дозволяє сприймати силову реакцію від дорожнього покриття зовні, а зсередини – витримувати тиск повітря. Окрім каркаса, покришка включає боковини, борти та товстий шар гуми із протектором, який безпосередньо контактує з поверхнею дороги (рис. 4.1) [41].

За напрямком розташування армувальних ниток корду шини поділяються на радіальні та діагональні. У радіальних шинах нитки корду розташовані під прямим кутом до боковин, що забезпечує гнучкість у аксіальному напрямку та ефективне поглинання нерівностей дорожнього покриття. Однак деформація боковин у радіальному напрямку може погіршувати керованість автомобіля. Для зменшення бічних деформацій використовується брекер – кілька шарів корду, армувальні нитки якого укладені діагонально [41].

Важливим параметром експлуатаційної придатності шин є їх здатність витримувати повну споряджену масу автомобіля та його вантаж. Для класифікації шин за допустимим навантаженням використовується поняття індексу навантаження. Індекс навантаження позначається одно-, дво- або тризначним числом і вказує максимальне навантаження в кілограмах, яке здатна витримати одна шина.

З метою обмеження швидкості в межах безпечної експлуатації автомобіля на шинах вказується індекс швидкості. Він позначається великою латинською літерою та показує максимальну швидкість у кілометрах на годину, яку може витримати шина.

Відповідно до міжнародних стандартів, на боковині шини вказується чотиризначне число, яке позначає дату її виготовлення. Цей символ також відомий як DOT-код. У коді перші дві цифри вказують порядковий номер тижня у році, а останні дві – рік виготовлення. Наприклад, DOT-код «2320» означає, що шина була виготовлена 23-му тижні 2020 року.

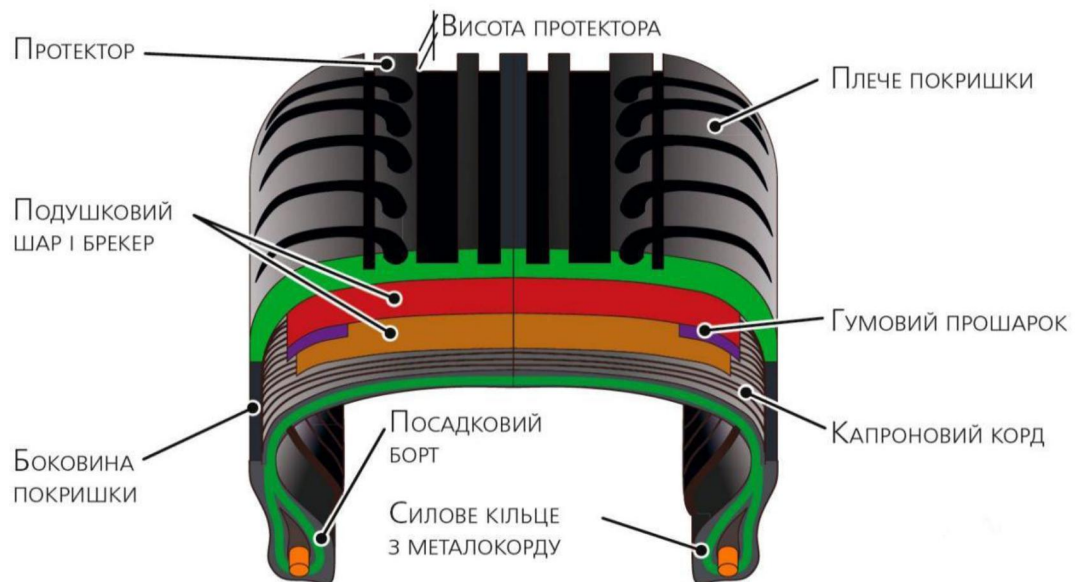


Рисунок 4.1 – Конструкція радіальної пневматичної шини

Шини є одним із найбільш навантажених елементів автомобіля, через які на транспортний засіб передаються зусилля від дорожньої поверхні. Через це витрати енергії в шинах суттєво впливають на загальну енергоефективність транспортного засобу. Водночас у відомих наукових роботах недостатньо уваги приділено втратам енергії в колісному русії [42–44].

4.2 Аналіз енергетичних втрат у шинах на основі відомих досліджень

Енергетична ефективність автомобіля значною мірою залежить від коефіцієнта корисної дії (ККД) колісного рушія. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених підвищенню цього показника, залишається низка невирішених питань.

Однією з причин є традиційний підхід до вивчення динаміки деформованого колеса з позицій механіки твердого тіла, який не враховує вплив податливості (гнучкості) деформованої шини на ККД колісного рушія [47, 48]. У цій роботі розглянуто новий підхід до оцінки ККД колісного рушія з позицій теорії пружності. Зокрема, показано, що зі збільшенням крутного моменту ККД також зростає.

Проблематиці динаміки та енергетики автомобільного колеса присвячено значну кількість наукових праць [45–49, 42,50]. У класичній теорії автомобіля закладено основні принципи динаміки руху колеса. Наприклад, у роботі [51] запропоновано використовувати для розрахунків статички, кінематики та динаміки деформованого колеса чотири різновиди радіусів:

- вільний радіус - r_0 ;
- статичний радіус - $r_{ст}$;
- кінематичний радіус - $r_к$;
- динамічний радіус - $r_д$.

Ці радіуси мають розрахунковий характер і визначаються відповідними математичними співвідношеннями

$$r_{ст} = r_0 - \frac{P_z}{C_{рад}}; \quad (4.1)$$

$$r_к = V_0 / \omega_к; \quad (4.2)$$

$$r_д = M_к / P_к; \quad (4.3)$$

де P_z – нормальне навантаження на колесо (шину);

$C_{\text{рад}}$ – радіальна жорсткість шини;

V_0 – лінійна швидкість осі колеса;

ω_k – кутова швидкість колеса;

P_k – тягова сила, прикладена на вісі колеса [51];

M_k – крутний момент, підведений до колеса від джерела енергії.

Радіуси відповідають відстаням від опорної поверхні до осі колеса:

– $R_{\text{ст}}$ – для нерухомого колеса;

– r_d – для колеса, що коливається.

Відомо, що $r_d > r_{\text{ст}}$. Усі ці радіуси ($r_{\text{ст}}$; r_k ; r_d) є важливими розрахунковими параметрами, які дозволяють простіше визначати взаємозв'язки між статистичними, кінематичними та динамічними характеристиками колеса. Однак у літературі з'являються роботи [52,53], де дослідники намагаються встановити, який із цих радіусів є найбільш важливим і точним.

Одним із оригінальних досліджень є робота І.О. Бережного, у якій автор продемонстрував взаємозв'язок між силовими та кінематичними параметрами колеса, використовуючи функцію навантаження у контакті з опорною поверхнею. Режим роботи автомобільного колеса під час гальмування та тяги були детально досліджені в роботі [46]. Взаємозв'язок між зчіпними властивостями пневматичної шини та її пружними характеристиками розглянуто у дослідженні [43].

Цікаві результати, описані авторами роботи [43], отримали назву «Парадокс Петрушова». У цьому дослідженні для випадку рівномірного прямолінійного руху колеса були виведені рівняння силового та енергетичного балансу колеса. Основна причина виникнення «Парадокса Петрушова» полягає в нехтуванні круговою деформацією шини, спричиненою прикладенням крутного моменту до колеса.

Роз'яснення цього парадокса подано в роботі [43], де також наведено аналітичний вираз для визначення миттєвого ККД колеса, який має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \eta_k^{\text{MIT}} &= \eta_{fk}^{\text{MIT}} \cdot \frac{r_k}{r_d} = \eta_{fk}^{\text{MIT}} \cdot \eta_{\text{пружк}}^{\text{MIT}} = \\ &= \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k}\right) \cdot \left[1 - \frac{M_k}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k}\right)\right], \end{aligned} \quad (4.4)$$

де η_{fk}^{MIT} – миттєвий силовий ККД колеса; M_{fk} – момент опору кочення колеса

Аналіз виразу (4.4) показує, що збільшення відношення M_{fk}/M_k , з одного боку, підвищує $\eta_{\text{пружк}}^{\text{MIT}}$, а з іншого – зменшує η_{fk}^{MIT} . Зрозуміло, що існує деяке значення відношення $\left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)_{opt}$, при якому забезпечується отримання оптимального значення f_k^{MIT} . Окрім того, потрібен розгляд питання забезпечення максимального значення ККД колісного рушія автомобіля.

4.3 Оптимізація математичної моделі ККД ведучого колеса автомобіля

Для визначення екстремума функції $\eta_k^{\text{MIT}} \left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)$ (дивитися залежність (4.4)

визначаємо похідну останньої по відношенню $\frac{M_{fk}}{M_k}$ та прирівнюємо її до нуля

$$\frac{\partial \eta_k^{\text{MIT}} \left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)}{\partial \left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)} = 2 \frac{M_k}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k}\right) = 0. \quad (4.5)$$

З рівняння (4.5) знаходимо

$$\left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)_{opt} = 1 - 0,5 \frac{C_{\text{кут}}}{M_k}. \quad (4.6)$$

Друга похідна функції $\eta_k^{\text{MIT}} \left(\frac{M_{fk}}{M_k}\right)$ по $\frac{M_{fk}}{M_k}$

$$\frac{\partial^2 \eta_k^{\text{МП}} \left(\frac{M_{fk}}{M_k} \right)}{\partial \left(\frac{M_{fk}}{M_k} \right)^2} = -2 \frac{M_k}{C_{\text{кут}}} < 0, \quad (4.7)$$

що свідчить про отримання $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}}$.

Після підстановки виразу (4.5) в рівняння (4.4) отримаємо

$$\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}} = 0,25 \frac{C_{\text{кут}}}{M_k}. \quad (4.8)$$

В роботі [54] відношення $\frac{M_k}{C_{\text{кут}}}$ визначено як кут статистичної закрутки $\varphi_{\text{стат}}$.

Величина вказаного кута для шин легкових автомобілів знаходиться в межах $\varphi_{\text{стат}} = 0,0325 - 0,0356$ рад; для шин вантажних автомобілів $\varphi_{\text{стат}} = 0,0515 - 0,0709$

рад. Виражаючи $\frac{M_k}{C_{\text{кут}}}$ через кут статистичної закрутки $\varphi_{\text{стат}}$, перетворимо (1.4) до

вигляду

$$\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}} = 0,25 / \varphi_{\text{стат}}. \quad (4.9)$$

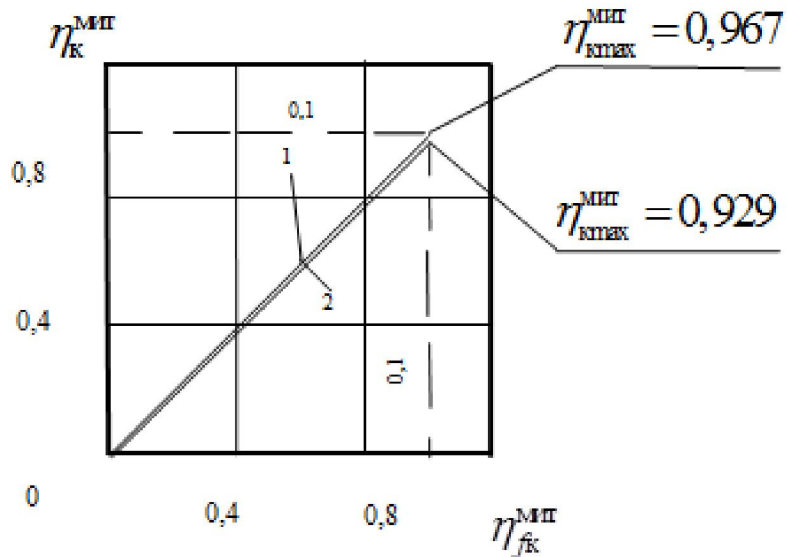
Аналіз виразу (4.9) показує, що реальні значення $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}} \leq 1$ можуть бути отримані при $\varphi_{\text{стат}} > 0,25$ рад, що неможливо. Таким чином, екстремальні значення $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}}$ знаходяться за межами реальних значень $\varphi_{\text{стат}}$.

На рис. 4.2 представлені графіки залежності для шин легкових (крива 1) та шин вантажних (крива 2) автомобілів.

Аналіз кривих, що наведено на рис.4.2, показує, що зі зростанням $\eta_{fk}^{\text{МП}}$ також зростає $\eta_k^{\text{МП}}$, що природно. Максимальне значення $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}}$ досягається при $\eta_{fk}^{\text{МП}} = 1$ та складає: $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}} = 0,967$ – для шин легкових автомобілів; $\eta_{\text{кмакс}}^{\text{МП}} = 0,929$ – для шин вантажних автомобілів.

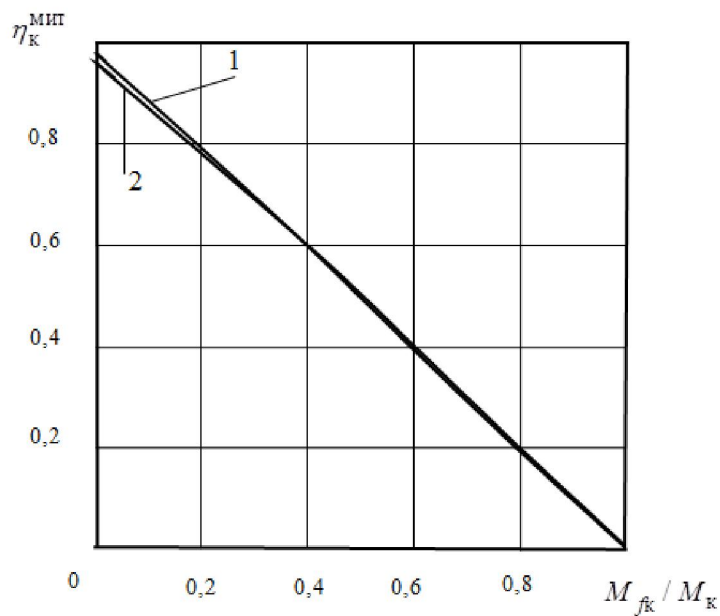
На рис. 4.3 представлені графіки залежності миттєвого ККД колеса $\eta_k^{\text{МП}}$ від відношення $\frac{M_{fk}}{M_k}$. З графіків, представлених на рис.4.3, видно, що з ростом

відношення $\frac{M_{fk}}{M_k}$ миттєвий ККД колеса зменшується та при $\frac{M_{fk}}{M_k} = 1$ вказаний ККД дорівнює нулю.



1 $-\varphi_{\text{стат}} = 0,0325$ рад; 2 $-\varphi_{\text{стат}} = 0,0709$ рад

Рисунок 4.2 – Залежність η_k^{MIT} (η_{fk}^{MIT})



1 – при $\varphi_{\text{стат}} = 0,0325$ рад;

2 – при $\varphi_{\text{стат}} = 0,0709$ рад

Рисунок 4.3 – Залежність η_k^{MIT} (M_{fk}/M_k)

Це дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням крутного моменту коефіцієнт корисної дії M_k (ККД) колеса також зростає. Максимального значення $\eta_k^{\text{мит}}$ досягається при реалізації граничної сили зчеплення в контактї колеса з дорогою за умови максимального крутного моменту:

$$M_k = M_{k\text{max}} = \varphi_x \cdot R_{zk} \cdot r_d, \quad (4.10)$$

де φ_x – повздовжній коефіцієнт зчеплення з дорогою.

З урахуванням співвідношення (4.10) рівняння для випадку реалізації граничної сили зчеплення в контактї колеса з дорогою набуває вигляду:

$$\eta_k^{\text{мит}} = \left(1 - \frac{f}{\varphi_x}\right) \left[1 - \varphi_{\text{стат}} \left(1 - \frac{f}{\varphi_x}\right)\right]. \quad (4.11)$$

У таблиці 4.1 наведено дані коефіцієнтів φ_x та f для різних типів доріг, а також визначено величини ККД ($\eta_{jk}^{\text{мит}}$, $\eta_{\text{пружк}}^{\text{мит}}$ та $\eta_k^{\text{мит}}$) для ведучих коліс автомобілів. Менші значення ККД характерні для шин легкових автомобілів, тоді як більші – для шин вантажних автомобілів.

Таким чином, можна дійти висновку, що при русі автомобіля з максимально можливим за зчепленням із дорогою крутним моментом забезпечується найвищий ККД ведучих коліс.

Далі розглянемо зміну ККД колісного рушія автомобіля у випадках використання здвоєних ведучих коліс, а також встановлення двох ведучих мостів замість одного. Для прикладу візьмемо шини вантажного автомобіля, приймаючи значення кута статичної закрутки для одиночної шини $\varphi_{\text{стат}} = 0,08$ рад.

При встановленні здвоєних коліс кут жорсткість зростає вдвічі (це можна прийняти як наближене). У такому випадку кут статичної закрутки зменшується вдвічі, і рівняння (4.11) набуває наступного вигляду:

Таблиця 4.1. – Визначення ККД ведучих коліс автомобіля при русі різними типами доріг з реалізацією максимального крутного моменту [55]

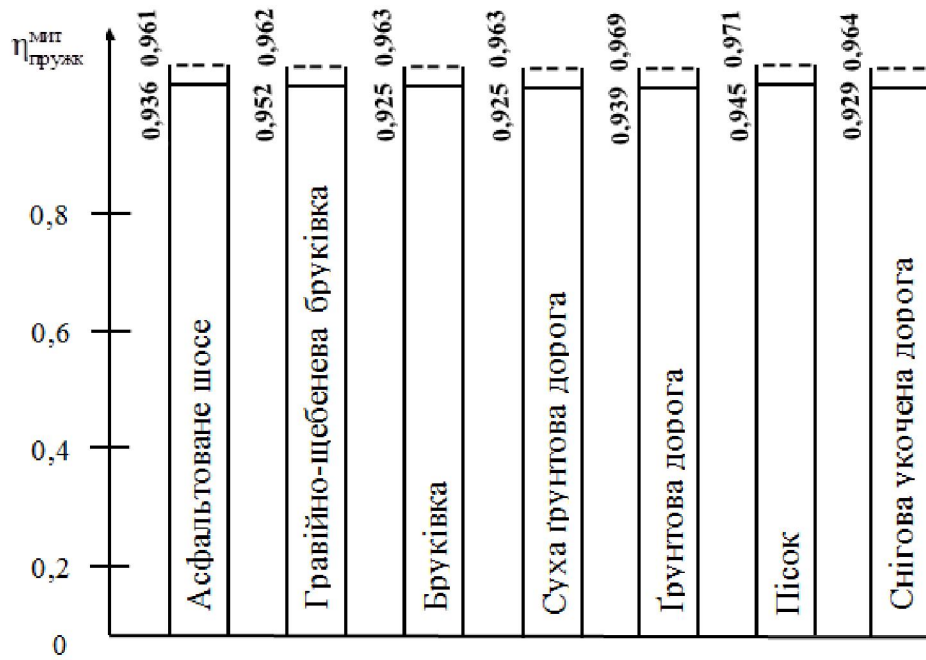
Тип шляху	F	φ_x	η_{fk}^{MIT}	(* $\eta_{пружк}^{MIT}$	(* η_{fk}^{MIT}
Асфальтоване шосе	0,017	0,67	0,975	0,936- 0,976	0,913- 0,952
Гравійно-щебенева бруківка	0,025	0,57	0,956	0,952- 0,982	0,910- 0,939
Бруківка	0,030	0,45	0,933	0,968- 0,988	0,903- 0,922
Суша ґрунтова дорога	0,040	0,60	0,933	0,969- 0,988	0,903- 0,922
Ґрунтова дорога після дощу	0,100	0,42	0,762	0,939- 0,977	0,715- 0,744
Пісок	0,200	0,70	0,714	0,929- 0,979	0,673- 0,699
Снігова укочена дорога	0,035	0,32	0,891	0,929- 0,973	0,828- 0,867

$$\eta_k^{MIT} = \left(1 - \frac{f}{\varphi_x}\right) \left[1 - \frac{\varphi_{стат}}{2} \left(1 - \frac{f}{\varphi_x}\right)\right]. \quad (4.12)$$

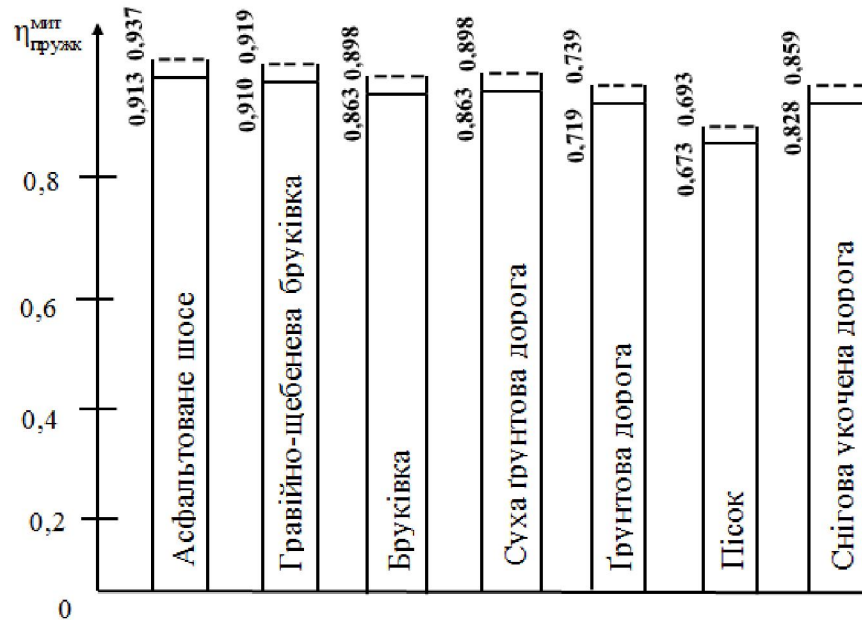
Аналіз рівняння (2.8) демонструє, що встановлення здвоєних коліс у порівнянні з одинарними сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії колісного рушія.

При заміні одного ведучого моста на два, крутний момент на колесах зменшується вдвічі, тоді як кут жорсткості пневматичної шини залишається незмінною. Це означає, що також, у випадку здвоєних коліс, кут $\varphi_{стат}$ статистичної закрутки колеса зменшується в два рази. Підвищення ККД колісного рушія в такому випадку можна визначити за формулою (4.12). На рис.4.4 представлені діаграми розрахункових величин $\eta_{пружк}^{MIT}$ та η_k^{MIT} для шин вантажних автомобілів на різних типах шляхів. Аналіз цих діаграм підтверджує збільшення ККД колісного рушія при використанні здвоєних коліс замість одинарних або при застосуванні

двох ведучих мостів замість одного.



– при здвоєних колесах та при встановленні двох ведучих мостів



– при одинарних колесах;

$$a - \eta_{\text{пруж}}^{\text{мит}} ; б - \eta_{\text{к}}^{\text{мит}}$$

Рисунок 4.4 – Діаграми ККД шин вантажних автомобілів на різних типах шляху:

Загальний висновок полягає в тому, що зі зростанням граничного зазчепленням крутного моменту колеса підвищується ККД колеса.

4.4 Математична модель коефіцієнта втрат веденого колеса автомобіля

У роботі [54] визначено коефіцієнт корисної дії ведучого колеса. Проте для ведених коліс цей показник не було отримано. Для веденого колеса необхідно визначати коефіцієнт втрат. Для вирішення поставленої задачі також використовується метод оберненого руху. На рис. 4.5 представлено схему, яка дозволяє визначити величину похідної вектора дотичної реакції дороги R_x застосуванням метода оберненого руху.

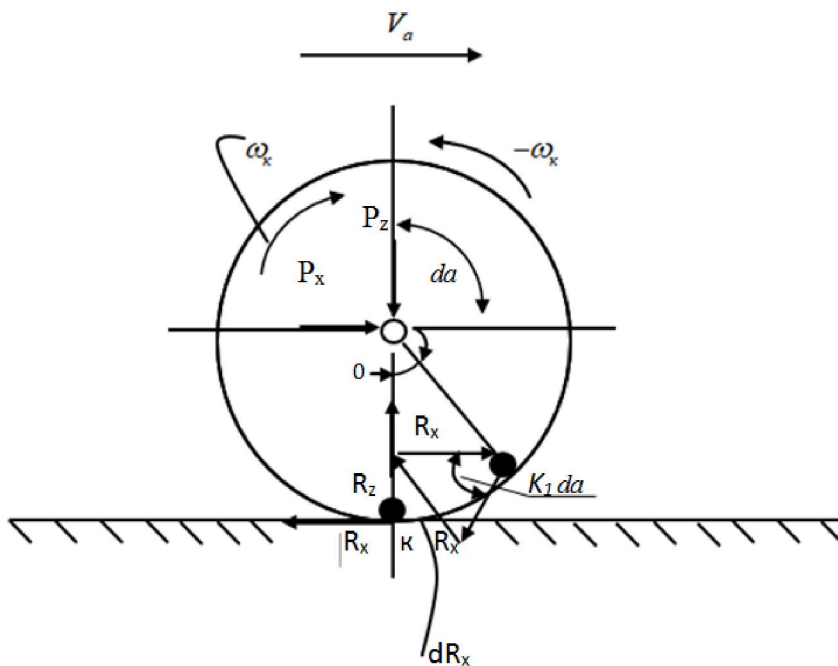


Рисунок 4.5 – Використання метода оберненого руху для визначення R_x/dt

Кут закрутки колеса під дією пари сил P_x та R_x

$$\varphi = \frac{R_x \cdot r_d}{C_{\text{кут}}} \quad (4.13)$$

Швидкість кутової деформації шини під дією пари сил P_x та R_x

$$\dot{\phi} = \frac{r_{\text{д}}}{C_{\text{кут}}} \dot{R}_x. \quad (4.14)$$

З рис. 4.5 видно, що

$$dR_x = R_x d\alpha. \quad (4.15)$$

Розділивши ліву та праву частини (4.15) на dt , отримаємо

$$\dot{R}_x = \frac{dR_x}{dt} = R_x \frac{d\alpha}{dt} = R_x \omega_{\text{к}}. \quad (4.16)$$

Після підстановки (4.16) у (4.14), отримаємо

$$\dot{\phi} = \frac{r_{\text{д}}}{C_{\text{кут}}} R_x \omega_{\text{к}}. \quad (4.17)$$

У веденого колеса

$$R_x = fR_z. \quad (4.18)$$

Рівняння (4.17) з урахуванням відношення (4.18) прийме наступний вигляд

$$\dot{\phi} = \frac{r_{\text{д}}}{C_{\text{кут}}} fR_z \omega_{\text{к}}. \quad (4.19)$$

Для веденого колеса існує співвідношення

$$V_a = (\omega_{\text{к}} + \dot{\phi}) \cdot r_{\text{д}} = \omega_{\text{к}} r_{\text{к}} + r_{\text{к}} \dot{\phi}. \quad (4.20)$$

де V_a – лінійна швидкість автомобіля; дорівнює лінійній швидкості осі колеса.

Після підстановки (4.19) у (4.20) отримаємо

$$V_a = \omega_{\text{к}} \left(r_{\text{к}} + \frac{r_{\text{д}}}{C_{\text{кут}}} fR_z \right) = \omega_{\text{к}} r_{\text{к}}'. \quad (4.21)$$

Звідки визначимо

$$r_k = r_d \left(1 + \frac{r_d}{C_{\text{кут}}} fR_z \right). \quad (4.22)$$

Беручи до уваги, те що

$$\frac{fR_z r_d}{C_{\text{кут}}} = \varphi_{\text{стаг}}, \quad (4.23)$$

перетворимо рівняння (1.18) до вигляду

$$r_k = r_d (1 + \varphi_{\text{стаг}}). \quad (4.24)$$

З рівняння (4.24) видно, що для веденого колеса $r_k < r_d$. Для ведучого колеса – $r_k > r_d$. Це означає, що при установці на один автомобіль кутова швидкість обертання ведених коліс менша, ніж кутова швидкість обертання ведучих. З рівняння (4.21) знаходимо для веденого колеса

$$\omega_k \frac{V_a}{r_d \left(1 + \frac{r_d f}{C_{\text{кут}}} R_z \right)} = \frac{V_a}{r_d (1 + \varphi_{\text{стаг}})}. \quad (4.25)$$

Відносне прослизання в контактi веденого колеса з дорогою

$$\begin{aligned} S &= \frac{V_a - \omega_k r_d}{V_a} = \frac{(\omega_k + \dot{\varphi}) r_d - \omega_k r_d}{V_a} = \\ &= \frac{\dot{\varphi} r_d}{V_a}. \end{aligned} \quad (4.26)$$

Після підстановки (4.20) в (4.26) отримаємо, з урахуванням (4.23)

$$S = \frac{\varphi_{\text{стаг}} \omega_k r_d}{V_a}. \quad (4.27)$$

Потужність, яка витрачається на рух веденого колеса, може бути

визначена як

$$N_{\text{виг}} = fR_z V_a + M_k \dot{\phi}, \quad (4.28)$$

де M_k – крутний момент на веденому колесі, створюваний дотичною реакцій дороги

$$M_k = R_z f r_d. \quad (4.29)$$

Коефіцієнт втрат веденого колеса може бути визначено з урахуванням (4.29) по наступній формулі

$$\zeta_{\text{к}}^{\text{мит}} = \frac{N_{\text{виг}}}{\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} N_e} = \frac{R_z f r_d \left(\frac{V_a}{r_d} + \dot{\phi} \right)}{\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} N_e}, \quad (4.30)$$

де N_e – потужність двигуна; $\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}}$ – ККД трансмісії (миттєвий).

Після підстановки вираз (4.20) в (4.30), отримаємо

$$\zeta_{\text{к}}^{\text{мит}} = \frac{R_z f r_d \left(\frac{V_a}{r_d} + f R_z \omega_k \frac{r_d}{C_{\text{кут}}} \right)}{\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} N_e}. \quad (4.31)$$

Таким чином, нами отримана математична модель коефіцієнта втрат на рух веденого колеса автомобіля.

4.5 Математична модель ККД колісного рушія автомобіля

У дослідженні всі параметри, що стосуються ведених коліс, позначаються індексом „1“, а ведучих – „2“. Припустимо, що на ведучих і ведених колесах встановлені однакові шини з параметрами $C_{\text{кут}}$ та r_d . У такому разі вираз (4.30) набуде вигляду:

$$\zeta_{\text{к}_1}^{\text{мит}} = \frac{R_{z1} f r_d \left(\frac{V_a}{r_d} + \dot{\phi}_1 \right)}{\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} N_e}. \quad (4.32)$$

Лінійна швидкість автомобіля V_a може бути визначена через кутову швидкість ω_{k2} та швидкість кутової деформації $\dot{\phi}_2$ ведучих коліс

$$V_a = (\omega_{k2} - \dot{\phi}_2) r_d. \quad (4.33)$$

З іншого боку, швидкість V_a можна виразити через кутову швидкість ω_{k1} ведених коліс та, відповідно, кутову швидкість деформації $\dot{\phi}_1$ шинведених коліс

$$V_a = (\omega_{k1} + \dot{\phi}_1) r_d. \quad (4.34)$$

Прирівнюючи праві частини рівнянь (4.33) та (4.34), визначимо ω_{k1}

$$\omega_{k1} = \omega_{k2} - (\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2). \quad (4.35)$$

Швидкість кутової деформації ведучого колеса визначена в роботі [54]

$$\dot{\phi}_2 = \frac{M_{k2}}{C_{кут}} \left(1 - \frac{R_{z2} f r_d}{M_{k2}} \right) \omega_{k2}. \quad (4.36)$$

Підставляючи вираз (4.20) та (4.36) у відношення (4.35), отримаємо після перетворень

$$\omega_{k1} = \omega_{k2} \frac{1 - \frac{M_{k2}}{C_{кут}} \left(\frac{1 - R_{z2} f r_d}{M_{k2}} \right)}{1 + \frac{f R_{z1} r_d}{C_{кут}}}. \quad (4.37)$$

Вираз (4.32) з урахуванням відношень (4.33) та (4.37) після перетворень прийме вигляд

$$\zeta_{к1}^{MIT} = \frac{R_{z1} f r_d \omega_{k2}}{\eta_{тр}^{MIT} N_e} \left[1 - \frac{M_{k2}}{C_{кут}} \left(1 - \frac{R_{z2} f r_d}{M_{k2}} \right) \right] \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{кут}}{f R_{z1} r_d}} \right). \quad (4.38)$$

Коефіцієнт корисної дії колісного рушія може бути визначений по наступній залежності

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}} = n_2 \eta_{\text{к2}}^{\text{мит}} - n_1 \zeta_{\text{к1}}^{\text{мит}}, \quad (4.39)$$

де n_1 ; n_2 – число ведених та ведучих коліс, відповідно.

Після підстановки виразів (4.38) у відношення (4.39) і перетворення, знаходимо

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}} = \left[1 - \frac{M_{\text{к2}}}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{R_{z2} f_{\text{д}}}{M_{\text{к2}}} \right) \right] \cdot \left[n_2 \left(1 - \frac{R_{z2} f_{\text{д}}}{M_{\text{к2}}} \right) - n_1 \frac{R_{z1} f_{\text{д}} \omega_{\text{к2}}}{\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} N_e} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{кут}}}{J R_{z1} r_{\text{д}}}} \right) \right]. \quad (4.40)$$

З аналізу виразу (4.40) видно, що зі збільшенням кількості ведучих коліс n_2 та зменшенням кількості ведених n_1 коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}}$ колісного рушія підвищується.

У результаті дослідження розроблено математичну модель ККД колісного рушія автомобіля. Дослідження цієї моделі дозволяє надалі обирати оптимальні параметри шасі та уточнювати розрахунки показників енергоефективності автомобілів.

Результати проведеного аналізу показали, що зі збільшенням граничного зчеплення крутного моменту на ведучому колесі ККД останнього також зростає. Розроблена уточнена математична модель миттєвого коефіцієнта витрат потужності для руху веденого колеса підвищує точність оцінки енергоефективності автомобілів.

Отриманий аналітичний вираз для оцінки миттєвого коефіцієнта корисної дії колісного рушія сприяє раціональному проектуванню автомобілів за критерієм енергоефективності. Аналіз виразу підтвердив, що зі збільшенням числа ведучих коліс коефіцієнт корисної дії колісного рушія зростає. При цьому ведуче колесо має вищий ККД порівняно з веденим, що сприяє загальному підвищенню ефективності колісного рушія.

ВИСНОВКИ

Складено формулу для визначення механічного ККД трансмісії. Визначено також що, механічний ККД трансмісії автомобіля можна представити як добуток ККД агрегатів що входять до неї. Розрізняють два види втрати ККД в трансмісії

— механічні та гідравлічні. Вже існують конкурентноспроможні механічним комбіновані коробки передач.

– ККД трансмісії електромобіля суттєво перевищує аналогічний показник у традиційних автомобілях із ДВЗ завдяки спрощеній конструкції, мінімізації втрат енергії та стабільності роботи;

– при активному розвитку електромобілів та гібридних автомобілів стає питання вибору розподілу крутних моментів між осями, що забезпечить найбільший ККД колісного рушію і підвищення енергоефективності транспортних засобів;

– у відомих дослідженнях не визначено коефіцієнт корисної дії колісного рушія автомобілів, що не дозволяє визначити напрями підвищення їхньої енергоефективності, у тому числі і при русі по поверхні, яка деформується;

– було переглянуто методику викладання: де ходова частина автомобіля представляється як складова частини системи «автомобіль-дорога». Представлення дороги як замикаючої ланки чотирьохланкового механізму дозволило визначити ККД колісного рушію та отримати раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами;

– отриманий аналітичний вираз дозволяє виконувати оцінювання енергоефективності колісного рушію за величиною миттєвого ККД передньопривідних та задньопривідних двовісних автомобілів. Порівняльний аналіз вище згаданих автомобілів показав, що при $b/L > 1/3$ основний передній привід буде забезпечувати більш високий ККД колісного рушія;

– визначений раціональний (за умовою оптимізації отриманої математичної моделі) коефіцієнт розподілу крутних моментів β_M між передніми та задніми колесами колісної машини при русі, як поверхнею з твердим покриттям, так і поверхнею, що деформується, дозволяє підвищити миттєвий ККД колісного рушія. При раціональному виборі коефіцієнту β_M в обох розглянутих випадках реалізується максимальний миттєвий ККД колісного рушія. Раціональне значення коефіцієнту β_M залежить від параметрів $m, f, b-a$,

$U_{тр}$, які змінюються в процесі експлуатації, що при використанні електромотор-коліс дає можливість його регулювання. При $b-a = 0$ (центр мас автомобіля розташовано посередині між осями) коефіцієнт β_M розподілу крутних моментів між передніми та задніми колесами повинен дорівнювати 0,5.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мелецінек А. Інженерна педагогіка. Практика передачі технічних знань / А. Мелецінек ; пер. з нім. С. Ф. Артюх. – Харків : Вид. УПА ; Wien, New York : Springer, 2000. – 240 с.
2. Ашеров А. Т. Предметна область інженерної педагогіки як науки / А. Т. Ашеров // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. – 2007. № 17. – С. 26–37.
3. Закон України «Про освіту» № 2145-VIII від 05.09.2017 р.
4. Закон України «Про професійну (професійно-технічну) освіту» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002 р., N 32.
5. Огляд ЗВО «Українська інженерно-педагогічна академія». <http://www.uipa.edu.ua/ua/general-information/zvo>
6. Державна національна програма «Освіта» («Україна XXI століття»): Постанова Каб. Мін. України від 3 листопада 2000. К.: Райдуга, 2000. 62с.
7. Концепція розвитку професійно-технічної (професійної) освіти в Україні // Професійно-технічна освіта. 2004. № 3. С.5-7.
8. Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку професійно-технічної освіти на 2011-2015 роки.// Розпорядження КМ №1723-р від 27 серпня 2010р.
9. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері професійної (професійно-технічної) освіти “Сучасна професійна (професійно-технічна) освіта” на період до 2027 року. // Розпорядження КМ №419-р від 12 червня 2019р.
10. Про схвалення Концепції Державної цільової соціальної програми розвитку професійної (професійно-технічної) освіти на 2022-2027 роки. // Розпорядження КМ №1619-р від 9 грудня 2021 р.
11. Кабак, В. В. Компоненти готовності майбутніх інженерів-педагогів до професійної діяльності. Збірник наукових праць «Педагогічні науки», 2011, 1.58: 336–339

12. Горбатюк Р.М. Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю. Diss. Тернопільський - національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2011. 346 с.

13. Білик, В. В. Сутність і структура професійної компетентності майбутніх інженерів-педагогів. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців. Київ, 2010, с.219–225.

14. Кривильова, О. А. Формування професійної компетентності майбутніх інженерів-педагогів енергетичного профілю на основі проблемного навчання. Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції пам'яті В.В.Овчарова (Мелітополь, 15 квітня–29 квітня 2021 р)/ТДАТУ; відповід. за вип. СО Квітка, ДМ Нестерчук.- Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – 135 с.

15. Пироженко, Л., et al. Інноваційність, інтегративність і технологічність інтерактивного навчання у підготовці майбутніх інженерів-педагогів. Сучасні технології в енергетиці, електромеханіці, системах управління та машинобудуванні: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (м. Бахмут, 18–20 листопада 2019 р.). Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії [упоряд. ПО Чикунів]. – Бахмут: ННППІ УПА, 2019. – 214 с., 2019, 163.

16. Потапчук, О. І. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у системі професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів. Сучасні інформаційні

технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми, 2015, 41: 434–437.

17. Майський, Г. Ю. Роль педагогічної практики у формуванні професійних умінь майбутніх інженерів-педагогів. Проблеми інженерно-педагогічної освіти,

2013, 38–39: 288–291

18. Фіцула М.М. Педагогіка: Навч. посіб. - Тернопіль: Богдан, 2001. - 192

19. Гончаренко СУ. Український педагогічний словник. -К.: Либідь, 2001.

- 374 с.

20. Статінова Н.П., Сень Г.П. Основи психології та педагогіки: Навч. посіб. - К.: КДТЕУ, 2000. - 330 с.

21. Агеев В.С. Психологія міжгрупових відносин. - К.: Вид-во КНУ, 2004. - 143 с.

22. Бороздина Г.В. Психологія ділового спілкування: Навчальний посібник: -К.: ІНФРА, 2001. - 224 с.

23. Біркенбіль' В.Ф. Як досягнути успіху у житті. - К.: ІнтерЕксперт, 2003 - 139 с.

24. Битякова Н.Р. Психологія особистісного зростання. -К.: Міжнар. пед. академія, 2005. - 64 с.

25. Гаєвський Б. А. Основи науки управління. - К.: МАУП, 2010.

26. Динаміка колеса автомобіля / А. У. Абдулгасіс, Д.В. Абрамов, М.П. Артёмов та ін. Під ред. Подригал М.А. Полянського О.С. – Х. :2019. – 199с.

27. Подригало М.А., Кайдалов Р.О., Омельченко В.І. Аналіз впливу розподілу крутних моментів між осями на енергетичну ефективність двовісного автомобіля. «Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців»: наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції та науково-методичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника, 19-21 жовтня 2022р., Харків: ХНАДУ, 2022. С.96-97.

28. Мелецінек А. Інженерна педагогіка. – Х.: УПА, 2001. – 240 с.

29. Методика професійного навчання: конспект лекцій по темам: «Організаційні форми виробничого навчання та їх вибір», «Методи виробничого навчання та їх вибір» для студ. Спец. 7.01010123. / Упоряд.: Т.А. Дев'ятьярова. Харків: УПА, 1997. – 50 с.

30. Вільський Г.Б. Інноваційні портові технології: навчальний посібник / Г.Б. Вільський — Одеса :Фенікс, 2008 — 140 с.

31. Матеріал для статті взято: <https://thequestion.ru/questions/66392/pochemu-velektromobilyakh-tolko-odna-peredacha>

32. Островцев А.Н. Основы проектирования автомобилей / А.Н. Островцев – К.: Машинобудування, 2002. – 204 с.

33. Голомидов А.М. Автомобілі з приводом на передні колеса / А.М. Голомидов – к.: Машинобудування, 2002. – 96 с.

34. Клец Д.М. Вплив експлуатаційних факторів та технічного стану автомобіля на його стійкість до заносу : Автореф. дис... канд. техн. наук / Харк. нац. автом. дорожн. ун-т. – Харків, 2009. 20с.

35. Файст В.Л. Удосконалення вимог до динамічних властивостей легкових автомобілів: Автореф. дис... канд. техн. наук / Харьк. нац. техн. ун-т. сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2012. – 20с.

36. Динамічні властивості й стабільність функціонування автотранспортних засобів : Монографія / [Д.В. Абрамов, Н.М. Подригало, М.А. Подригало, О.С. Полянський, В.Л. Файст. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 204 с.

37. Abdulgazic A. new approach to assessment of vehicles traction dynamics. / A. Abdulgazic, M. Podrigalo // YCMT MTE 2020. IOP Cont. Series: Material Science and Engineering. 2020 – 052сoo doi: 1088/1757-899x/971/5/052100. – с. 1-7.

38. Подригало М.А. Оцінка коефіцієнта корисної дії колісного рушія автомобіля / М.А. Подригало, Р.О. Кайдалов, В.І. Омельченко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Вип. 21, 2022. – Харків : ХНАДУ. – с. 31-39.

39. Подригало М.А. Раціональний вибір розподілу крутних моментів між передніми та задніми електромоторами приводу коліс автомобіля / М.А. Подригало, Р.О. Кайдалов, В.І. Омельченко // Моделювання і комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні: теорія практика та інновації. 2022. – Львів : «Львівська політехніка». – с.

40. Дущенко В.В. Системи підресорювання військових гусеничних і колісних машин. Розрахунок та синтез. Навчальний посібник. – Х.: ФОП Панов А.М., 2018. – 336с.

41. BOSCH. 4th Edition. Automotive Handbook. Germany, 2001. 8p.

42. Експлуатаційна властивості автотранспортних засобів. В 34. 42. Плавність ходу та прохідність автотранспортних засобів : [навчальний посібник]

/ В. П. Сахно, В.М. Поляков, А.В. Костенко та ін. Донецьк : Вид-во «Ноуліджя» (донецьке відділення) 2014. – 354 с.

43. Динаміка колеса автомобіля / А. У. Абдулгазіс, Д.В. Абрамов, М.П. Артьомов та ін. Під ред. Подригало М.А. Полянського О.С. – Х. :2019. – 199с.

44. Дущенко В.В. Системи підресорювання військових гусеничних і колісних машин. Розрахунок та синтез. Навчальний посібник. – Х.: ФОП Панов А.М., 2018. – 336с.

45. Динамічні властивості і стабільність функціонування автотранспортних засобів / Д.В. Абрамов, Н.М. Подригало, М.А. Подригало, О.С. Полянський, В. Л. Файст [за ред. Подригало М.А., Полянський О.С.] – Х.:ХНАДУ, 2014. – 204 .

46. Файст В.Л. Удосконалення вимог до динамічних властивостей легкових автомобілів: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація і ремонт засобів транспорту» / В. Л. Фейст. – Харків, 2011. – 20 с.

47. Підвищення енергоефективності автомобілів при маневруванні зниженням непродуктивних витрат енергії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец: 05.22.20 / Мазін О. С. – Харків, 2020. – 20 с.

48. Тарасов Ю.В. Наукові основи забезпечення технічного рівня автотранспортних засобів при проектуванні та модернізації : автореф. дис. на здобуття наук. ступення докт. техн. наук: спец. 05.22.02 – автомобілі та трактори / Ю.В. Тарасов. – Харків, 2021. – 40 с.

49. Aziz Abdulgaziz and Mikhail Podrigalo. A new approach to assessment of vehicle traction dynamics / A. Abdulgaziz, M. Podrigalo // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering.– 2020. 7 pp. DOI:101088/1757 – 899x/971/5/052100.

50. Розбойніков О.О. Поліпшення курсової стійкості легкового автомобіля при русі по нерівній дорозі : дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.22.20 « Автомобілі та трактори» / О.О. Разбойніков. – Київ, 2021. – 20с.

51. Подригало М.А. Шелудченко В.В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобіля та тракторів. Навчальний посібник. – Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. – 213с.

52. Пожидаєв С.П. Про суперечність у теорії кочення еластичного колеса // Механізація та електрифікації сіль.госп-ва : Міжвід. темат. наук. зб. – Грєваха, 2013. – Вип.97, Т2. – с.76-82.

53. Трояновська І.П., Пожидаєв С.П. Моделювання криволінійного руху колісних і гусечних тракторних агрегатів. Монографія – К.: АграрМедіаГруп, 2014. – 303с.

54. Динаміка колеса автомобіля / А. У. Абдулгазіс, Д.В. Абрамов, М.П. Артьомов та ін. Під ред. Подригал М.А. Полянського О.С. – Х. :2019. – 199с.

55. Подригало М.А., Кайдалов Р.О., Омельченко В.І. Аналіз впливу розподілу крутних моментів між осями на енергетичну ефективність двовісного автомобіля. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2022. № 2 (19). С.174-181. DOI: 10.36910/automash.v2i19.916

URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/916/870>

Додаток А
Лекція

Тема лекції: ККД трансмісії та колісного рушію

ПЛАН

1. Що таке ККД трансмісії ?
2. Поясніть, що таке коефіцієнт корисної дії колісного рушію.
3. Напрями підвищення ККД трансмісії.
4. Способи підвищення ККД колісного рушію.

1 Що таке ККД трансмісії?

Ефективна потужність, що виробляється двигуном, не вся передається на колеса автомобіля через втрати потужності в трансмісії. Вони зазвичай оцінюються механічним коефіцієнтом корисної дії трансмісії (ККД), яким називають відношення потужності на провідних колесах автомобіля до ефективної потужності двигуна:

$$\eta_m = \frac{N_k}{N_e} = \frac{N_e - N_r}{N_e} = 1 - \frac{N_r}{N_e}, \quad (\text{A.1})$$

де η_m — механічний ККД трансмісії;

N_k — потужність на провідних колесах автомобіля;

N_e — ефективна потужність двигуна;

N_r — що втрачається потужність у трансмісії.

Потужність на провідних колесах можна визначити з (1) як:

$$N_k = N_e \cdot \eta_m \quad (\text{A.2})$$

Механічний ККД трансмісії автомобіля можна представити як добуток ККД агрегатів що входять до неї :

$$\eta_m = \eta_{зч} \cdot \eta_{кп} \cdot \eta_k \cdot \eta_{\rho} \quad (\text{A.3})$$

де $\eta_{зч}$, $\eta_{кп}$, η_k , η_{ρ} — ККД зчеплення, коробки передач, карданної передачі та головної передачі відповідно.

Таблиця А.1 — Діапазон значень механічного ККД трансмісії [1]

Вид автомобіля	
Легкові автомобілі й АТС на їхній базі	0,92-0,95
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з подвійною головною передачею	0,85-0,92
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з подвійною головною передачею й автомобілі з колісною формулою 4×4	0,83-0,85
Тривісні вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з приводом на два мости (колісна формула 6×4)	0,80-0,83
Тривісні автомобілі з колісною формулою 6×6 і АТС на їхній базі	0,78-0,80

2 Поясніть, що таке коефіцієнт корисної дії колісного рушію.

Енергетична ефективність автомобіля значною мірою залежить від коефіцієнта корисної дії (ККД) колісного рушія. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених підвищенню цього показника, залишається низка невирішених питань.

Однією з причин є традиційний підхід до вивчення динаміки деформованого колеса з позицій механіки твердого тіла, який не враховує вплив податливості (гнучкості) деформованої шини на ККД колісного рушія [2, 3]. У цій роботі розглянуто новий підхід до оцінки ККД колісного рушія з позицій теорії пружності. Зокрема, показано, що зі збільшенням крутного моменту ККД також зростає.

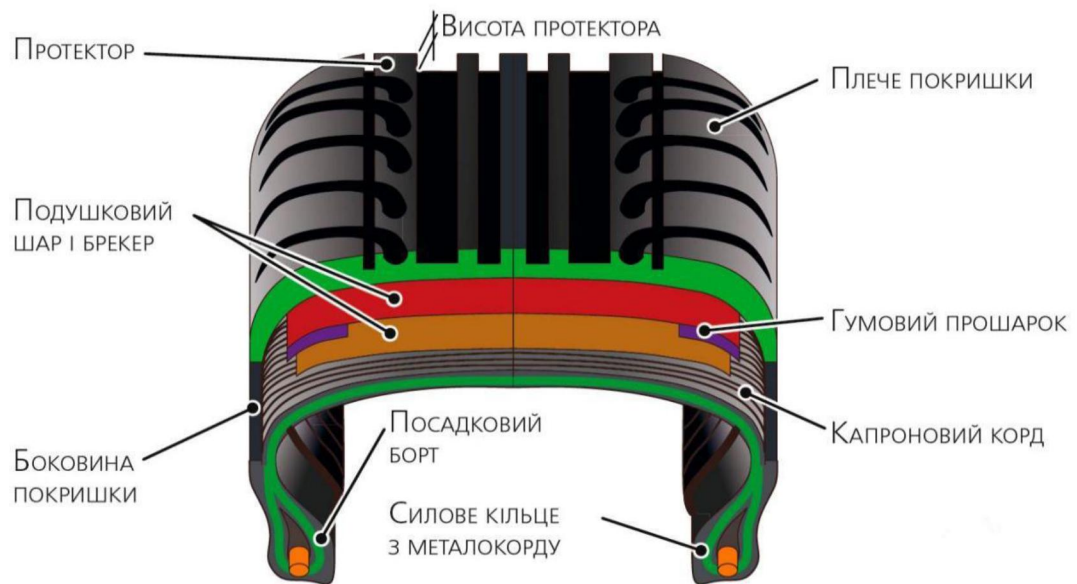


Рисунок А.1 – Конструкція радіальної пневматичної шини

У роботі [4] запропоновано використовувати для розрахунків статичи, кінематики та динаміки деформованого колеса чотири різновиди радіусів:

- вільний радіус - r_0
- статичний радіус - $r_{ст}$
- кінематичний радіус - r_k
- динамічний радіус - r_d

Ці радіуси мають розрахунковий характер і визначаються відповідними математичними співвідношеннями:

$$r_{ст} = r_0 - \frac{P_z}{C_{рад}}; \quad (A.4)$$

$$r_k = V_0 / \omega_k; \quad (A.5)$$

$$r_d = M_k / P_k, \quad (A.6)$$

де P_z – нормальне навантаження на колесо (шину);

$C_{рад}$ – радіальна жорсткість шини;

V_0 – лінійна швидкість осі колеса;

ω_k – кутова швидкість колеса;

P_k – тягова сила, прикладена на вісі колеса [4];

M_k – крутний момент, підведений до колеса від джерела енергії.

Радіуси відповідають відстаням від опорної поверхні до осі колеса:

$R_{ст}$ – для нерухомого колеса;

r_d – для колеса, що коливається.

Відомо, що $r_d > r_{ст}$. Усі ці радіуси ($r_{ст}$; r_k ; r_d) є важливими розрахунковими параметрами, які дозволяють простіше визначати взаємозв'язки між статистичними, кінематичними та динамічними характеристиками колеса. Однак у літературі з'являються роботи [5,6], де дослідники намагаються встановити, який із цих радіусів є найбільш важливим і точним.

Аналітичний вираз для визначення миттєвого ККД колеса, який має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \eta_k^{мит} &= \eta_{fk}^{мит} \cdot \frac{r_k}{r_d} = \eta_{fk}^{мит} \cdot \eta_{пружк}^{мит} = \\ &= \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k} \right) \cdot \left[1 - \frac{M_k}{C_{кут}} \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k} \right) \right], \end{aligned} \quad (A.7)$$

де $\eta_{fk}^{мит}$ – миттєвий силовий ККД колеса; M_{fk} – момент опору кочення колеса

Аналіз виразу (7) показує, що збільшення відношення M_{fk}/M_k , з одного боку, підвищує $\eta_{пружк}^{мит}$, а з іншого – зменшує $\eta_{fk}^{мит}$. Зрозуміло, що існує деяке значення відношення $\left(\frac{M_{fk}}{M_k} \right)_{opt}$, при якому забезпечується отримання оптимального значення $f_k^{мит}$. Окрім того, потрібен розгляд питання забезпечення максимального значення ККД колісного рушія автомобіля.

3 Напрями підвищення ККД трансмісії.

У двигунів внутрішнього згорання зв'язок між крутним моментом, що видається двигуном, і швидкістю обертання його вала - нелінійний.

Максимальне зусилля двигун розвиває в досить вузькому діапазоні обертів, ні на самих мінімальних, ні на самих максимальних.

Роз'єднувати двигун і силову передачу потрібно практично при кожній зміні режиму руху, так як робочий цикл в циліндрах розраховується на режим максимального ККД при середніх оборотах і максимальної потужності на високих - так автомобіль має максимальну динамічність. Перехідні режими з розривом циклу для ДВС небажані - виникає детонація в циліндрах. Обороти ж бажано тримати в робочому діапазоні, близькому до режиму максимального ККД - для економічності. [7]

Однак електричний двигун влаштований інакше. У нього крутний момент не залежить від обертів. Інакше: на будь-якій швидкості обертання, від мінімальної до максимальної, електродвигун віддає одну і ту ж потужність і "крутний момент". Тобто при використанні електродвигуна можна відмовитися від коробки передач.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) трансмісії електромобіля є одним із найвищих серед сучасних транспортних засобів і суттєво перевершує ККД трансмісії автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Це обумовлено простою конструкцією трансмісії та мінімальними втратами енергії під час передачі крутного моменту від двигуна до коліс.

ККД трансмісії електромобіля

Трансмісія електромобіля має ККД на рівні 95–97%. Це означає, що лише 3–5% енергії втрачається у процесі передачі потужності, тоді як решта ефективно передається на колеса. У порівнянні, трансмісії традиційних автомобілів із ДВЗ мають ККД 85–92%, залежно від конструкції та технічного стану.

У більшості електромобілів трансмісія складається лише з одного або двох ключових елементів:

Редуктор (одноступенева коробка передач, рис. А.2): використовується для передачі крутного моменту, оскільки електродвигуни здатні забезпечувати широкий діапазон обертів без потреби у багатоступеневих передачах.

Прямий привод (у деяких моделях): електродвигун підключений безпосередньо до коліс, що додатково знижує втрати.

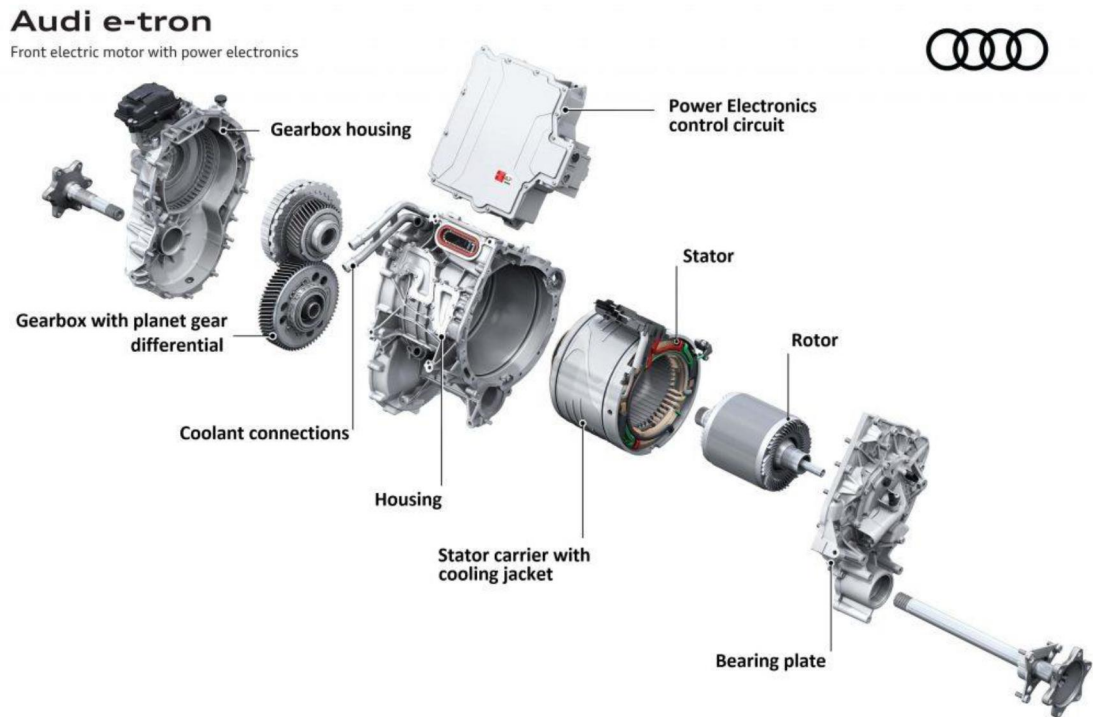


Рисунок А.2 – Будова планетарної КП, автомобіля Audi

Відсутність таких елементів, як зчеплення, багатоступенева коробка передач, карданна передача чи роздавальні коробки, зменшує кількість точок тертя і складність передачі енергії.

2 Способи підвищення ККД колісного рушію

У дослідженні всі параметри, що стосуються ведених коліс, позначаються індексом „1“, а ведучих – „2“. Припустимо, що на ведучих і ведених колесах встановлені однакові шини з параметрами $C_{кут}$ та r_d . У такому разі вираз набуде вигляду:

$$\zeta_{к1}^{MIT} = \frac{R_{z1} \cdot f \cdot r_d \left(\frac{V_a}{r_d} + \phi_1 \right)}{\eta_{tp}^{MIT} N_e} \quad (A.8)$$

Лінійна швидкість автомобіля V_a може бути визначена через кутову швидкість ω_{k2} та швидкість кутової деформації $\dot{\phi}_2$ ведучих коліс

$$V_a = (\omega_{k2} - \dot{\phi}_2) r_d. \quad (\text{A.9})$$

З іншого боку, швидкість V_a можна виразити через кутову швидкість ω_{k1} ведених коліс та, відповідно, кутову швидкість деформації $\dot{\phi}_1$ шинведених коліс

$$V_a = (\omega_{k1} + \dot{\phi}_1) r_d. \quad (\text{A.10})$$

Прирівнюючи праві частини рівнянь (9) та (10), визначимо ω_{k1}

$$\omega_{k1} = \omega_{k2} - (\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2). \quad (\text{A.11})$$

Швидкість кутової деформації ведучого колеса визначена в роботі [8]

$$\dot{\phi}_2 = \frac{M_{k2}}{C_{кут}} \left(1 - \frac{R_{z2} f r_d}{M_{k2}} \right) \omega_{k2}. \quad (\text{A.12})$$

Підставляючи вираз (12) у відношення (11), отримаємо після перетворень

$$\omega_{k1} = \omega_{k2} \frac{1 - \frac{M_{k2}}{C_{кут}} \left(\frac{1 - R_{z2} f r_d}{M_{k2}} \right)}{1 + \frac{f R_{z1} r_d}{C_{кут}}}. \quad (\text{A.13})$$

Вираз (8) з урахуванням відношень (9) та (13) після перетворень прийме вигляд

$$\zeta_{k_1}^{\text{MIT}} = \frac{R_{z1} f_{r_d} \omega_{k2}}{\eta_{\text{TP}}^{\text{MIT}} N_e} \left[1 - \frac{M_{k2}}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{R_{z2} f_{r_d}}{M_{k2}} \right) \right] \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{кут}}}{f R_{z1} r_d}} \right). \quad (\text{A.14})$$

Коефіцієнт корисної дії колісного рушія може бути визначений по наступній залежності

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{MIT}} = n_2 \eta_{k2}^{\text{MIT}} - n_1 \zeta_{k_1}^{\text{MIT}}, \quad (\text{A.15})$$

де n_1 ; n_2 – число ведених та ведучих коліс, відповідно.

Після підстановки виразів (1) та (14) у відношення (15) і перетворення, знаходимо

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{MIT}} = \left[1 - \frac{M_{k2}}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{R_{z2} f_{r_d}}{M_{k2}} \right) \right] \cdot \left[n_2 \left(1 - \frac{R_{z2} f_{r_d}}{M_{k2}} \right) - n_1 \frac{R_{z1} f_{r_d} \omega_{k2}}{\eta_{\text{TP}}^{\text{MIT}} N_e} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{кут}}}{f R_{z1} r_d}} \right) \right]. \quad (\text{A.16})$$

З аналізу виразу (16) видно, що зі збільшенням кількості ведучих коліс n_2 та зменшенням кількості ведених n_1 коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{руш}}^{\text{MIT}}$ колісного рушія підвищується.

У результаті дослідження розроблено математичну модель ККД колісного рушія автомобіля. Дослідження цієї моделі дозволяє надалі обирати оптимальні параметри шасі та уточнювати розрахунки показників енергоефективності автомобілів.

Результати проведеного аналізу показали, що зі збільшенням граничного зчеплення крутного моменту на ведучому колесі ККД останнього також зростає. Розроблена уточнена математична модель миттєвого коефіцієнта витрат

потужності для руху веденого колеса підвищує точність оцінки енергоефективності автомобілів.

Отриманий аналітичний вираз для оцінки миттєвого коефіцієнта корисної дії колісного рушія сприяє раціональному проектуванню автомобілів за критерієм енергоефективності. Аналіз виразу підтвердив, що зі збільшенням числа ведучих коліс коефіцієнт корисної дії колісного рушія зростає. При цьому ведуче колесо має вищий ККД порівняно з веденим, що сприяє загальному підвищенню ефективності колісного рушія.

Контрольні питання

1. Поясніть різницю між будовою трансмісії автомобіля з ДВЗ і електромобіля?
2. З яких складових можна зіставити загальне ККД трансмісії?
3. Які способи підвищення ККД колісного рушію бувають? Приведіть приклади.
4. Назвіть способи обчислення ККД трансмісії та колісного рушію?
5. Які шляхи підвищення коефіцієнту корисної дії трансмісії вам відомі?

Рекомендована література:

1. Вільський Г.Б. Інноваційні портові технології: навчальний посібник / Г.Б. Вільський – Одеса : Фенікс, 2008 – 140 с.
2. Підвищення енергоефективності автомобілів при маневруванні зниженням непродуктивних витрат енергії: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец: 05.22.20 / Мазін О. С. – Харків, 2020. – 20 с.
3. Тарасов Ю.В. Наукові основи забезпечення технічного рівня автотранспортних засобів при проектуванні та модернізації : автореф. дис. на

здобуття наук. ступення докт. техн. наук: спец. 05.22.02 – автомобілі та трактори / Ю.В. Тарасов. – Харків, 2021. – 40 с.

4. Подригало М.А. Шелудченко В.В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобіля та тракторів. Навчальний посібник. – Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. – 213с.

5. Пожидаєв С.П. Про суперечність у теорії кочення еластичного колеса // Механізація та електрифікацій сіль.госп-ва : Міжвід. темат. наук. зб. – Грєваха, 2013. – Вип.97, Т2. – с.76-82.

6. Трояновська І.П., Пожидаєв С.П. Моделювання криволінійного руху колісних і гусечних тракторних агрегатів. Монографія – К.: АграрМедіаГруп, 2014. – 303с.

7. Матеріал для статті взято: <https://thequestion.ru/questions/66392/pochemu-velektromobilyakh-tolko-odna-peredacha>

8. Динаміка колеса автомобіля / А. У. Абдулгазіс, Д.В. Абрамов, М.П. Артёмов та ін. Під ред. Подригал М.А. Полянського О.С. – Х. :2019. – 199с.

Додаток Б

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет транспортних систем

Кафедра технології машинобудування і ремонту машин
Кафедра філософії та педагогіки професійної підготовки

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
магістра

Комплексна тема: «УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ТЕОРІЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯМ
ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ НАУКИ І ТЕХНІКИ»

Частина 2 «УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ККД ТРАНСМІСІЇ ТА
КОЛІСНОГО РУШЮ»

Завідувач кафедри, д-р техн. наук, проф.

М. А. Подригало

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент

І. В. Рибалко

Керівник, д-р техн. наук, проф.

М. А. Подригало

Консультант, канд. пед. наук, проф.

В. В. Бондаренко

Студент гр. ТПТ-61-23

А.О. Шемигон

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є удосконалення методики викладання ККД трансмісії та колісного рушію

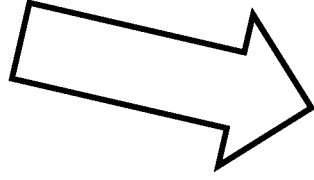
Для досягнення поставлених завдань необхідно:

- дослідити важливість інженерної педагогіки як складової частини професійної підготовки ;
- провести психолого-педагогічне дослідження ефективності методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів»;
- з'ясувати можливі методи удосконалення можливостей викладання теми.

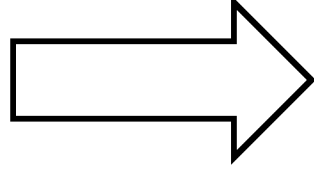
Коефіцієнт корисної дії трансмісії та колісного рушію автомобілів

- удосконалити викладання теми: ККД трансмісії автомобіля;
- вдосконалити викладання теми: Коефіцієнт корисної дії колісного рушію автомобіля.

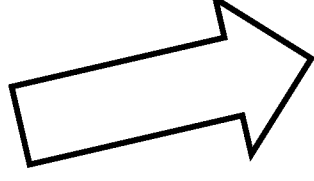
Наукова новизна одержаних результатів



Досліджено психолого-педагогічні процеси формування особистості та встановлено об'єктивні закономірності виховання й навчання інженерно-педагогічних кадрів для системи професійної (професійно-технічної) освіти.



Перегляд представлення ходової частини автомобіля як складової частини системи «автомобіль-дорога»
Дослідження впливу зміни такого ґрунтового фактора на якість розуміння теми студентом.

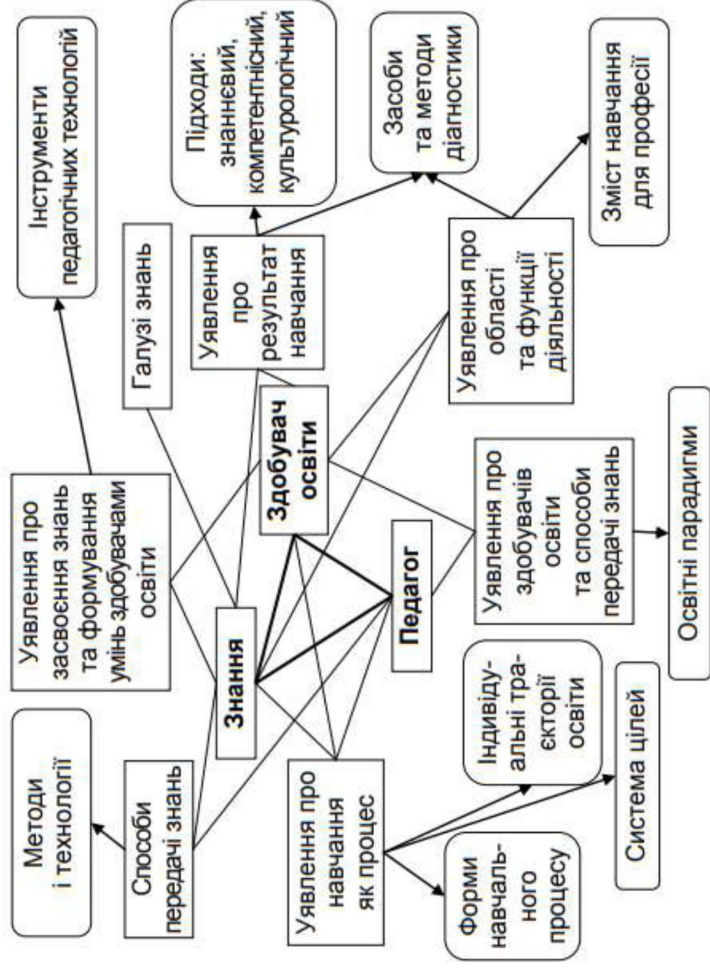
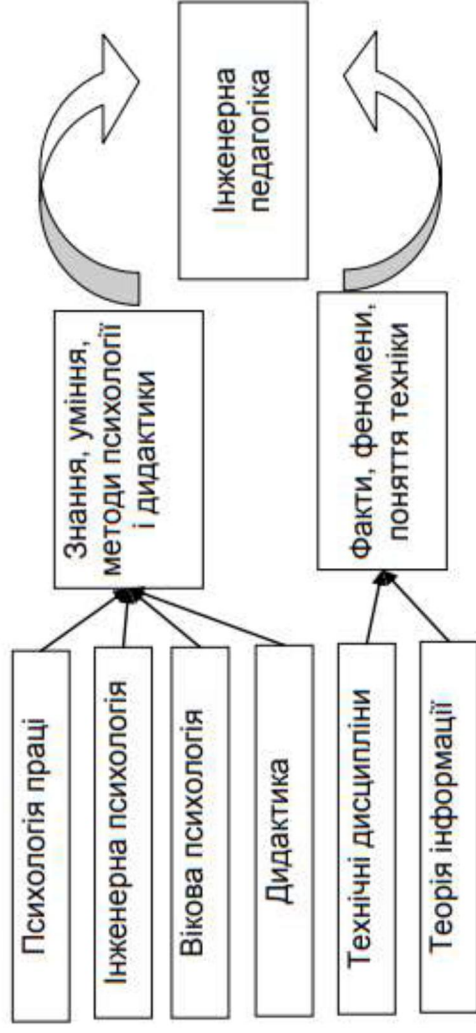


Адаптовано зміст та розроблено ефективні дидактичні матеріали у відповідності з новими науковими досягненнями, що безпосередньо впливає на формування науково-технічної компетентності інженерів-педагогів у галузі транспорту.

ІНЖЕНЕРНА ПЕДАГОГІКА ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Інженерна педагогіка є галуззю педагогічних наук, яка досліджує теорію та практику викладання технічних дисциплін.

Джерела інженерної педагогіки



Структура предметної області інженерної педагогіки

ІНЖЕНЕРНА ПЕДАГОГІКА ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1.1 Етапи становлення та розвитку інженерної педагогіки.

У 60-х роках у СРСР розпочалася підготовка педагогів спеціальних дисциплін із кваліфікацією «інженер-педагог».

В 1972 році було створено Клагенфуртську школу інженерної педагогіки під керівництвом Адольфа Мелетцінека

У 1987 році Київський індустріально-педагогічний технікум долучився до навчально-методичного об'єднання, організованого на базі Свердловського інженерно-педагогічного інституту.

В 1990 році з'явилися такі заклади, як Харківський інженерно-педагогічний інститут (ХІП), Кримський інженерно-педагогічний інститут, Львівський політехнічний інститут та Дніпродзержинський індустріальний інститут.

У 1994 році на базі результатів акредитації Український заочний політехнічний інститут отримав статус Української інженерно-педагогічної академії (УІПА)

В 1998 році було прийнято Закон «Про професійно-технічну освіту», що визначав основи розвитку професійної освіти.

У 2010 році прийнято «Концепцію Державної цільової програми розвитку професійно-технічної освіти на 2011–2015 роки», яка передбачала модернізацію матеріально-технічної бази, стандартизацію якості освіти та популяризацію робітничих професій

Через складності реалізації програми в 2019 році було ухвалено «Концепцію реалізації державної політики у сфері професійної (професійно-технічної) освіти на період до 2027 року»

В 2021 році було прийнято нову «Концепцію Державної цільової соціальної програми розвитку професійної (професійно-технічної) освіти на 2022–2027 роки» [10], яка доповнила попередню, врахувавши адаптацію навчальних програм до потреб осіб з особливими освітніми потребами та розвиток системи підтвердження результатів неформальної освіти

ІНЖЕНЕРНА ПЕДАГОГІКА ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Теоретичні основи підготовки та компетентності майбутніх інженерів-педагогів

Підготовка майбутніх інженерів-педагогів охоплює два напрями: інженерний і педагогічний. Ці складові є визначальними у формуванні фахівців, що мають поєднувати технічні знання з педагогічними навичками.

Інженерна підготовка: вміння роботи з тех. обладнанням та інструментами, здатність до розуміння і аналізу технічних систем;

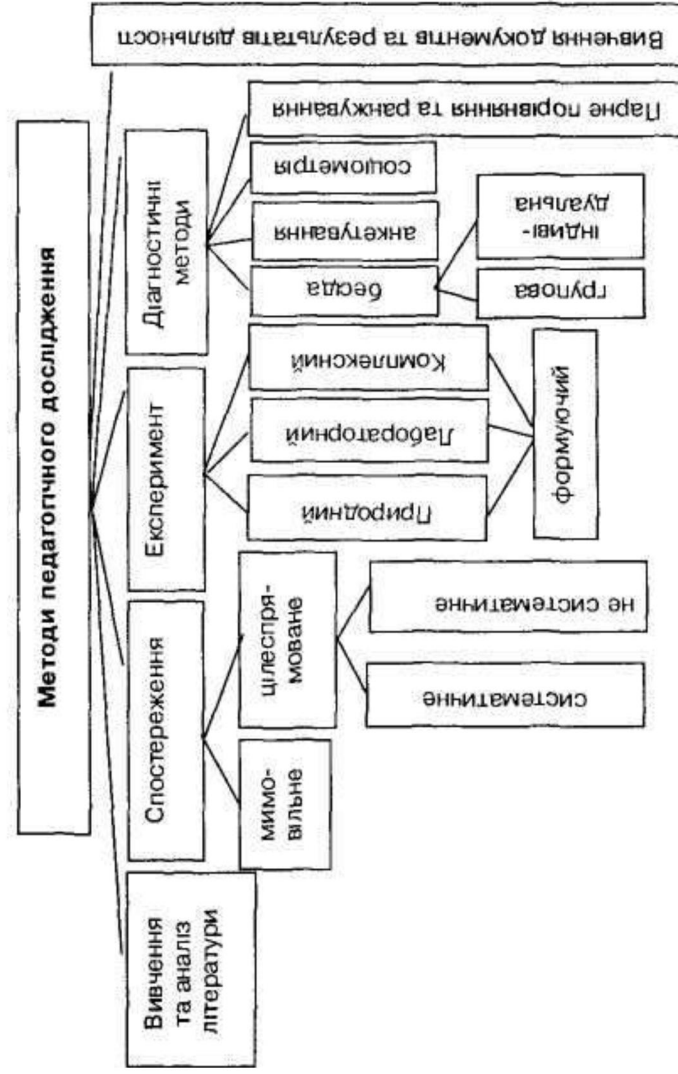
Педагогічна підготовка: методи навчання, педагогічну психологію, управлінські навички, а також вміння планувати уроки й оцінювати результати навчання.

Постановка задач дослідження:

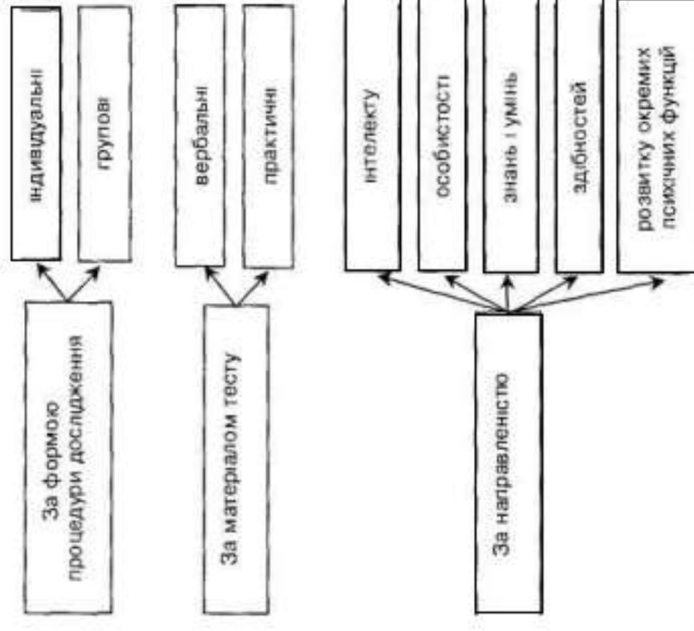
- Розвинути вміння викладання складних технічних тем;
- Вдосконалити навички роботи з інноваційними педагогічними та технічними технологіями;
- Розробити методику інтеграції технічних знань із педагогічною діяльністю;
- Розкрити особливості вдосконалення методики викладання дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми "ККД трансмісії та колісного рушію".

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ АВТОМОБІЛІВ»

Метод психолого-педагогічного дослідження є шляхом вивчення складних психолого-педагогічних процесів формування особистості та встановлення об'єктивних закономірностей виховання і навчання.



Методи педагогічного дослідження



Класифікація тестів (за Н.П. Стагіною,
Г.П. Сень)

Мотиваційне забезпечення навчального процесу з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів»

Мотивація як стратегія успішної праці спрямована на вплив на майбутніх фахівців з метою формування ціннісних орієнтацій, мотиваційного ядра й активності. Виокремлюють два основних різновиди мотивацій: внутрішня та зовнішня. Якість підготовки спеціалістів залежить від вивчення професійної мотивації студентів.

Групи мотивів поділяють за такими характеристиками:

- Потреба у змісті професії;
- Престиж і значущість професії;
- Матеріальні потреби, звички;
- Самооцінка власної придатності.

Конструювання дидактичних матеріалів з вивчення дисципліни «Теорія автомобілів» на прикладі теми «ККД трансмісії та колісного рушію»

- Теоретичні матеріали такі як лекції, конспекти;
- Графічні матеріали такі як схеми, креслення та таблиці;
- Інтерактивні матеріали такі як симуляції та моделювання;
- Тести та опитування;
- Практичні задачі;
- Практичні заняття такі як лабораторна робота.

ККД трансмісії електромобілів

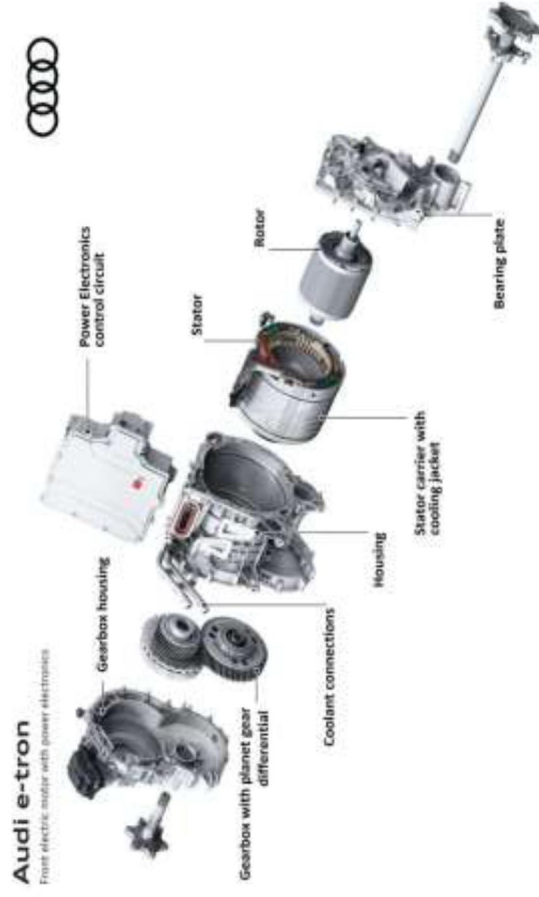
У електродвигунів крутний момент не залежить від обертів. Інакше: на будь-якій швидкості обертання, від мінімальної до максимальної, електродвигун видає одну і ту ж потужність і "крутний момент". Це означає що в електромобілях можна використовувати спрощену версію КПП.

— трансмісія електромобіля має ККД на рівні 95–97%.

— традиційні автомобілі із ДВЗ мають ККД 85–92%, залежно від конструкції та технічного стану.

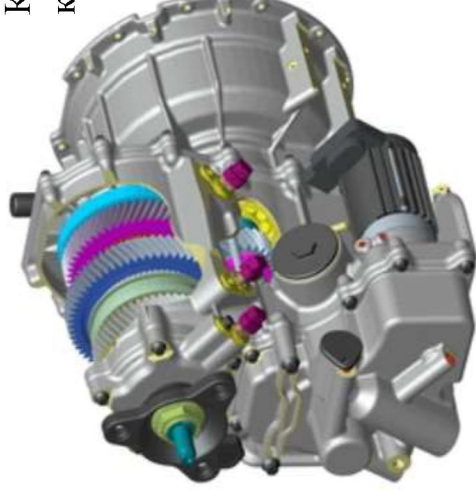
У більшості електромобілів трансмісія складається лише з одного або двох ключових елементів:

Редуктор (одноступенева коробка передач) або система з прямим приводом (у деяких моделях).



Будова планетарної КПП, автомобіля Audi.

Коробка передач конструкції Antipovrplc.



ККД КОЛІСНОГО РУШО АВТОМОБІЛЯ Математична модель ККД колісного рушія автомобіля

Отриманий аналітичний вираз для оцінки миттєвого коефіцієнта корисної дії колісного рушія сприяє раціональному проектуванню автомобілів за критерієм енергоефективності.

Аналітичний вираз для визначення миттєвого ККД колеса, має наступний вигляд:

$$\eta_k^{\text{MIT}} = \eta_{fk}^{\text{MIT}} \cdot \frac{r_k}{r_d} = \eta_{fk}^{\text{MIT}} \cdot \eta_{\text{пружк}}^{\text{MIT}} = \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k}\right) \left[1 - \frac{M_k}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{M_{fk}}{M_k}\right)\right], \quad (1)$$

де η_{fk}^{MIT} – миттєвий силовий ККД колеса;
 M_{fk} – момент опору кочення колеса.

З аналізу виразу (2) видно, що зі збільшенням кількості ведучих коліс $n_{\text{руш}}^{\text{MIT}}$ та зменшенням кількості ведених $n_{\text{к}}^{\text{MIT}}$ коефіцієнт корисної дії колісного рушія підвищується.

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{MIT}} = \left[1 - \frac{M_{k2}}{C_{\text{кут}}} \left(1 - \frac{R_{z2} f_{r_k}}{M_{k2}}\right)\right] \cdot \left[n_2 \left(1 - \frac{R_{z2} f_{r_k}}{M_{k2}}\right) - n_1 \frac{R_{z1} f_{r_k} \omega_{k2}}{\eta_{\text{пр}}^{\text{MIT}} N_e} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{кут}}}{f_{r_k} r_k}}\right) \right]. \quad (2)$$

Також було проаналізовано вплив розподілу крутних моментів між осями на енергоефективність двовісного автомобіля

Порівняльний аналіз енергетичної ефективності передньо- та задньопривідних автомобілів показав, що при $b/l_1 > 1/3$ основний передній привод буде забезпечувати більш високе значення ККД колісного рушія;

ККД ТРАНСМІСІЇ АВТОМОБІЛІВ

Коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля з ДВЗ

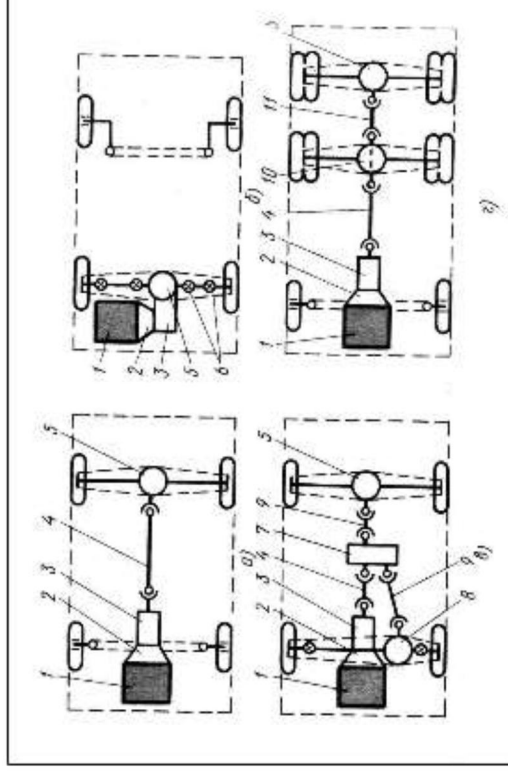
Ефективна потужність, що виробляється двигуном, не вся передається на колеса автомобіля через втрати потужності в трансмісії. Вони зазвичай оцінюються механічним коефіцієнтом корисної дії трансмісії (ККД), яким називають відношення потужності на провідних колесах автомобіля до ефективної потужності двигуна:

$$\eta_m = \frac{N_k}{N_e} = \frac{N_e - N_r}{N_e} = 1 - \frac{N_r}{N_e}, \quad (1)$$

Механічний ККД трансмісії автомобіля можна представити як добуток ККД агрегатів що входять до неї :

$$\eta_m = \eta_{\text{ш}} \cdot \eta_{\text{кш}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{с}}, \quad (2)$$

Де η_m — ККД зчеплення, коробки передач, карданної передачі та головної передачі відповідно.



Найпоширеніші схеми трансмісій

Вид автомобіля	η_m
Легкові автомобілі й АТС на їхній базі	0,92–0,95
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з одинарною головною передачею	0,85–0,92
Вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з подвійною головною передачею й автомобілі з колісною формулою 4×4	0,83–0,85
Тривісні вантажні автомобілі й АТС на їхній базі з приводом на два мости (колісна формула 6×4)	0,80–0,83
Тривісні автомобілі з колісною формулою 6×6 і АТС на їхній базі	0,78–0,80

Діапазон значень механічного ККД трансмісії

Аналіз базових знань студентів.

Аналіз базових знань учнів є ключовим етапом роботи викладача, спрямованим на оцінку стартового рівня підготовки учнів перед початком курсу чи нової теми. Міжтемні зв'язки (МТ-зв'язки) є важливим елементом аналізу, адже вони відображають взаємозв'язок тем як у межах одного курсу, так і між різними дисциплінами. Ці зв'язки можна класифікувати:

☒ За послідовністю:

- Попередні – ті, що повинні бути засвоєні перед вивченням нової теми.
- Супутні – ті, що формуються одночасно з новим матеріалом.
- Перспективні – ті, що використовуватимуться у подальшому навчанні.



За змістом:

- Вибір навчального матеріалу.
- Комплексне використання знань із різних тем чи предметів.
- Єдність методів викладання і контролю.
- Узгодженість у трактуванні понять і термінології.

Особливості командної роботи в процесі засвоєння навчального матеріалу з теми «ККД трансмісії та колісного рушію».

Особливості командної роботи в процесі засвоєння теми «ККД трансмісії та колісного рушія» включають використання інтерактивних і кооперативних методів навчання, які сприяють глибокому розумінню матеріалу, розвитку технічних і міжособистісних навичок. Етапи організації командної роботи:

- Підготовчий етап: (викладач ставить загальну ціль, формування команд, розподілення ролей)
- Вивчення теоретичного матеріалу: (студенти обговорюють загальну тему, радяться між членами команди)
- Практичний етап: (кожна команда отримує конкретне завдання, студенти виконують розрахунки)
- Аналіз і презентація результатів: (кожна команда презентує свої напрацювання, проводиться колективне обговорення)
- Заклучний етап: (викладач підбиває підсумки роботи, дає зворотний зв'язок, коригує неточності)

Проведення педагогічного експерименту щодо засвоєння знань з дисципліни «ККД трансмісії та колісного рушію».

Метою дослідження було визначити ефективність нової методики викладання порівняно зі старою у процесі навчання студентів Харківського механіко-технологічного фахового коледжу (ХМФК) з теми «ККД трансмісії та колісного рушія».

Дослідження охоплювало дві групи студентів ХМФК, які вивчали тему «ККД трансмісії та колісного рушія» за різними методиками викладання. Перша група навчалася за старою методикою, яка передбачала традиційний підхід до подачі матеріалу.

Друга група навчалася за новою методикою викладання, яка базувалася на сучасних дослідженнях, адаптованих для освітнього процесу.

Середній бал тестування у першій групі становив 64%тоді як, середній у другій становив 83%, що свідчить про підвищення якості викладання на 30%.

Висновки

1. Інженерна педагогіка є ключовою складовою професійної освіти, що забезпечує підготовку висококваліфікованих фахівців. Вона інтегрує знання з різних галузей науки, адаптує сучасні освітні технології й орієнтується на потреби суспільства та професійної діяльності.
2. Психолого-педагогічне дослідження включає такі методи: порівняльний, довготривалий, комплексний метод, спостереження, самоспостереження, експеримент та тест, кожен з яких має свої переваги й обмеження.
3. Було проведено педагогічний експеримент (опитування) з двома групами студентів. Лекційні матеріали для першої групи викладалися за старою програмою. В матеріалі для другої групи було пояснено некоректність представлення ходової частини автомобіля як складової частини системи «автомобіль-дорога». Представлення дороги як замикаючої ланки чотирьохланкового механізму дозволило отримати раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами, що позитивно посприяло на розуміння теми лекції.
4. Досліджено формулу для визначення механічного ККД трансмісії. Встановлено також що, механічний ККД трансмісії автомобіля можна представити як добуток ККД агрегатів що входять до неї.
5. ККД трансмісії електромобіля суттєво перевищує аналогічний показник у традиційних автомобілях із ДВЗ завдяки спрощеній конструкції, мінімізації втрат енергії та стабільності роботи.
6. В роботі було розглянуто некоректність представлення ходової частини автомобіля як складової частини системи «автомобіль-дорога». Представлення дороги як замикаючої ланки чотирьохланкового механізму дозволяє визначити ККД колісного рушію та отримати раціональний розподіл крутних моментів між передніми та задніми колесами. У зв'язку з розширенням використання електромобілів задача стає актуальною.
7. При $b-a = 0$ (центр мас автомобіля розташовано посередині між осями) коефіцієнт розподілу крутних моментів між передніми та задніми колесами повинен дорівнювати 0,5.
 $b/l > l/3$
8. Порівняльний аналіз енергетичної ефективності передньо- та задньопривідних автомобілів показав, що при основний передній привод буде забезпечувати більш високе значення ККД колісного рушія.