

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему **«Покращення обслуговування автоматичних коробок перемикачів передач в умовах станції технічного обслуговування автомобілів фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» місто Хрестинівка шляхом дослідження процесу пробуксовування зчеплень»**



Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-19м
спеціальності
274 – «Автомобільний транспорт»
Оринський І. А.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Кужель В. П.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент
Репінський С. В.

Рецензент: канд. професор
Безко І. І.

Вінниця – 2020 року

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Науково-технічне обґрунтування покращення обслуговування автоматичних коробок перемикання передач в умовах станції технічного обслуговування ФОП «Плужник Володимир Миколайович».....	7
1.1 Аналіз існуючих вимог до автоматичних коробок перемикання передач.....	7
1.2 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка».....	8
1.3 Дослідження ринку надання автосервісних послуг.....	12
1.4 Аналіз конструктивних особливостей сучасних автоматичних коробок перемикання передач.....	15
1.5 Види і характеристика зчеплень коробок перемикання передач.....	29
1.6 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень.....	35
Розділ 2. Дослідження показників роботи станції технічного обслуговування та експлуатаційних характеристик сучасних автоматичних коробок перемикання передач, які обслуговуються на СТО.....	37
2.1 Прогнозування кількості автомобілезайдів в рік на СТО методом простої екстраполяції.....	37
2.2 Прогнозування кількості автомобілезайдів в рік на СТО методом експонентного згладжування.....	39
2.3 Визначення загальної трудомісткості робіт на сто ФОП «Плужник Володимир Миколайович».....	42
2.4 Технологічне проектування станції технічного обслуговування.....	44
2.5 Аналіз масогабаритних параметрів і силових характеристик автоматичних коробок перемикання передач.....	53
2.6 Висновки до розділу 2.....	60
Розділ 3. Математичне моделювання роботи фрикційних муфт зчеплення роботизованих коробок перемикання передач з двома зчепленнями.....	61

	2
3.1 Дослідження процесів вмикання і розмикання фрикційних муфт зчеплення...	61
3.2 Обґрунтування основних параметрів зчеплень.....	64
3.3 Побудова динамічної модель автоматичної коробки перемикачів передач з двома зчепленнями на різних режимах роботи.....	68
3.4 Розробка математичної моделі трансмісії з роботизовано коробкою перемикачів передач з двома зчепленнями.....	71
3.5 Результати моделювання процесу пробуксовування зчеплень у роботизованій коробці перемикачів передач з двома зчепленнями.....	78
3.6 Результати дослідження впливу тертя між фрикційними дисками і шліцьовими пазами на силу притискання дисків при вмиканні-вимиканні багатодискового зчеплення.....	83
3.7 Висновки до розділу 3.....	87
Розділ 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	88
4.1 Аналіз умов праці.....	88
4.2 Виробнича санітарія.....	88
4.2.1 Повітря робочої зони та метеоумови.....	88
4.2.2 Освітленість.....	90
4.3 Розрахунок загального штучного освітлення.....	91
4.4 Шум.....	93
4.5 Вібрація.....	94
4.6 Техніка безпеки.....	94
4.7 Електробезпека.....	95
4.8 Пожежна безпека.....	95
4.9 Організація та розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки автотранспорту.....	96
4.10 Висновки до розділу 4.....	100
РОЗДІЛ 5. ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ....	101
5.1 Обґрунтування вихідних даних для розрахунку.....	102
5.2 Визначення фонду заробітної плати.....	103
5.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	108

	3
5.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	109
5.5 Розрахунок накладних витрат.....	110
5.6 Розрахований кошторис витрат СТО.....	111
5.7 Розрахунок показників економічної ефективності проекту.....	112
5.8 Розрахунок рівня комерціалізації проектних рішень.....	115
5.9 Висновки до розділу 5.....	120
Висновки.....	121
Список використаних джерел.....	123
Додатки.....	125



ВСТУП

Актуальність теми. Станом на сьогоднішній день однією з актуальних проблем сучасного автомобілебудування, спрощення й полегшення керування автомобілем, не може бути розв'язана без автоматизації приводу зчеплення. Як показує досвід створення автоматичних трансмісій, їх удосконалення йде у двох напрямках: автоматизація керування механічними трансмісіями, які складаються зі східчастої коробки перемикачів передач і фрикційного зчеплення, та оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями. Трансмісії з автоматизованим приводом зчеплення володіють достатньо широкими функціональними можливостями, що деякою мірою наближує їх за ступенем комфорту до повністю автоматичних трансмісій. Автоматизовані трансмісії простіші й набагато дешевші від повністю автоматичних трансмісій. Роботизована коробка перемикачів передач – це робот з двома зчепленнями. Принциповою конструктивною особливістю такої КПП є паралельне розмикання і вмикання зчеплень, які з'єднують колінчастий вал двигуна з ведучими валами КПП, що дає можливість перемикачів передач без розриву потоку потужності у трансмісії. В літературних джерелах досліджень процесу пробуксовування зчеплень під час їх паралельного вмикання і вимикання досить мало, тому проведення такого дослідження в представленій кваліфікаційній роботі є актуальним і має істотне практичне значення для подальшого удосконалення конструкції і систем керування роботизованими коробками перемикачів передач.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету і являється невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з підвищенням експлуатаційної надійності автомобілів з роботизованими коробками перемикачів передач, з оптимізацією їх параметрів і експлуатаційних характеристик, з моделюванням режимів роботи й умов пробуксовування зчеплень при перемикачів передач в роботизованій коробці перемикачів передач.

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи – покращення обслуговування автоматичних коробок перемикачів передач в умовах станції технічного обслуговування автомобілів шляхом дослідження процесу пробуксовування зчеплень.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі **завдання**:

- виконати науково-технічне обґрунтування покращення обслуговування автоматичних коробок перемикачів передач в умовах станції технічного обслуговування ФОП «Плужник Володимир Миколайович»;
- провести дослідження показників роботи станції технічного обслуговування та експлуатаційних характеристик сучасних автоматичних коробок перемикачів передач, які обслуговуються на СТО;
- виконати математичне моделювання роботи фрикційних муфт зчеплення роботизованих коробок перемикачів передач з двома зчепленнями;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- провести розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в роботизованій коробці перемикачів передач з двома зчепленнями при пробуксовуванні фрикційних зчеплень.

Предметом дослідження є паралельна робота зчеплень при перемикачів передач без розриву потоку потужності у трансмісії автомобіля.

Методи дослідження – в роботі використовуються аналітичні (динамічне моделювання й математичне моделювання) методи досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів.

- дістали подальшого розвитку підходи та принципи дослідження експлуатаційних характеристик сучасних автоматичних коробок перемикачів передач, розроблені динамічні й математичні моделі з метою дослідження й аналізу роботи зчеплень у роботизованих коробках перемикачів передач з метою оптимізації їх параметрів і експлуатаційних характеристик;

- дістали подальшого розвитку методи моделювання режимів роботи й умов пробуксовування зчеплень при перемикачів передач в роботизованій коробці перемикачів передач без розриву потоку потужності у трансмісії автомобіля.

Практичне значення одержаних результатів. Здійснено аналіз масогабаритних параметрів і силових характеристик автоматичних коробок перемикач передач сучасних автомобілів, які обслуговуються на СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович», а саме: Tiptronic (Volkswagen), SensoDrive (Citroen), Durashift (Ford), Multitronic (Audi). Досліджено вплив тертя між виступами фрикційних дисків та шліцьовими пазами у багатодисковому зчепленні на величину потрібної сили притискання дисків для забезпечення передачі заданого крутного моменту. Проведено розрахунок основних параметрів подвійного зчеплення для роботизованої коробки перемикач передач на прикладі автомобіля Volkswagen Golf 1.4 TSI. Побудовані динамічні моделі трансмісії з роботизованою коробкою перемикач передач з двома зчепленнями у перехідних режимах роботи.

Особистий внесок здобувача. Проведена порівняльна оцінка технічних характеристик, вартості, складності конструкції автоматичних коробок перемикач передач у співставленні з механічною коробкою перемикач передач. Проаналізовані види зчеплень і приводи їх вмикання-вимикання. Обґрунтована доцільність застосування у роботизованих коробках перемикач передач гідравлічного приводу, як найкомпактнішого, швидкодійного і великої питомої потужності. Здійснено моделювання і проведено аналіз пробуксовування зчеплення при русанні автомобіля з місця і перемикач передачі з нижчої на вищу.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на XIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Житомир, 26-28 жовтня 2020 року.

Публікації. Проміжні результати досліджень були частково викладенні і опубліковані в наукових працях: Кужель В.П. Аналіз переваг та недоліків сучасних автоматичних коробок перемикач передач / В.П. Кужель, Оринський І.А.// Наукові праці XIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Житомир, 26-28 жовтня 2020 року, Режим доступу: <https://news.ztu.edu.ua/2020/11/hiii-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiya-suchasni-tehnologiyi-ta-perspektyvy-rozvytku-avtomobilnogo-transportu/> [5].

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКРАЩЕННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ФОП «ПЛУЖНИК ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ»

1.1 Аналіз існуючих вимог до автоматичних коробок перемикання передач

На сьогоднішній день при проектуванні трансмісії інженери повинні врахувати, що в кінцевому результаті, вона має чітко виконувати свою функцію і відповідати вимогам, які висуваються до неї. Є загальнотехнічні та спеціальні (ті, які стосуються автоматичних коробок перемикання передач (АКПП)) вимоги [2].

Запропонуємо загальнотехнічні вимоги, що ставляться до КПП розподілити на такі підгрупи, які забезпечують:

- підвищення паливної економічності та продуктивності роботи;
- комфорт, показники безпеки, ергономічні й естетичні вимоги;
- певний рівень надійності у встановлених межах;
- зниження витрат на експлуатацію та обслуговування, виробництво;
- забезпеченні і дотримання вимог нормативних документів.

Першою групою вимог описується загальна схема трансмісії та її агрегатів. На їх основі формулюється вимога передачі потужності двигуна привідним колесам з мінімальними втратами.

Другою групою визначаються вимоги щодо безшумності роботи, відсутності шкідливих викидів у довкілля, естетичності її конструкції та органів керування.

Виконання вимог до надійності як автомобіля, так і його агрегатів повинно забезпечуватися вірними розрахунками, вибором матеріалів і способів термообробки, регламентацією операцій технічного обслуговування в процесі експлуатації автомобіля.

При проектуванні автомобіля конструктор повинен приділяти особливу увагу зменшенню металоємності конструкцій, зниження витрат на їх виготовлення, обслуговування і експлуатацію.

Загальні вимоги до експлуатаційної технологічності конструкції автомобілів визначаються державними стандартами.

Крім загальнотехнічних, до АКПП ставлять низку спеціальних вимог, зокрема:

- широкий діапазон регулювання параметрів потужності (крутного моменту і кутової швидкості), що забезпечує високі тягово-швидкісні властивості автомобіля;
- високий ККД на основних робочих режимах, що визначає економічні та швидкісні властивості автомобіля;
- автоматизований процес перемикання передач повинен забезпечувати гладку й швидко зміну сходинок КПП, а також вберегти трансмісію від можливих помилок водія.

Забезпечення перелічених вище вимог дає можливість спроектувати і виготовити АКПП з потрібними характеристиками і забезпечити комфортне перемикання передач на різних режимах руху автомобіля.

1.2 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка»

Станція технічного обслуговування фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка Черкаської області розпочала свою діяльність в 2009 році. Відмітимо, що існуюча привабливість створення СТО зумовлена стабільно високим попитом на роботи з ТО і ПР, який залишається відносно стабільним навіть в умовах низької платоспроможності населення. Ринок автосервісних послуг привабливий також різноманітністю сегментів. Станції у "сусідніх" сегментах майже не конкурують між собою, тому загальна конкуренція в автосервісі слабша, ніж в інших галузях автомобільного бізнесу.

Характеристика СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович»:

- форма власності: приватна;
- фактична та юридична адреси СТО: 20000, Черкаська обл., м. Христинівка, вул. Сивокобиленка, 19;
- телефон (04745) 25965, факс (04745) 25965;
- керівник: Плужник Володимир Миколайович – директор.

Регіон дії СТО автомобілів фізичної особи-підприємця «Плужник Володимир Миколайович» - м. Христинівка. Незначна частина робіт (до 10%) виконується для транзитних автомобілів. Протягом всього періоду роботи станції розбудовувались виробничі та складські приміщення, будувались навіси, збільшувалась кількість обслуговуючого персоналу та обладнання. Постійне оновлення матеріальної бази та використання сучасного обладнання дало змогу значно покращити якість робіт, що виконуються.

СТО надає такі послуги:

- діагностика автомобілів;
- ремонт автоматичних коробок перемикачів передач автомобілів;
- ремонт та обслуговування систем живлення автомобілів;
- шиномонтаж, вулканізація, балансування коліс, правка колісних дисків;
- ремонт електрообладнання автомобілів;
- ремонт вузлів та агрегатів;

Клієнтами автосервісного підприємства СТО автомобілів є власники приватних автомобілів і підприємства. Підприємство укладає угоди на планове технічне обслуговування та ремонт легкових автомобілів з колективними господарствами та автотранспортними підприємствами. Розрахунок зі станцією ведеться як готівкою, так і по безготівковому розрахунку. В системі розрахунків за послуги та в системі планування запасів, запасних частин існують такі специфічні особливості:

- витрати на ТО, ремонт, вартість запчастин та експлуатацію автомобіля несе його власник;
- кількість необхідних запасних частин визначається за методикою, що враховує специфіку попиту на них для приватного автотранспорту;

- діє система гарантійних зобов'язань в становлений період;

На базі СТО функціонує магазин з продажу:

- авто-хімії, косметики, аксесуарів;
- автозапчастин;
- витратних матеріалів.

Режим роботи СТО – однозмінний 8-ми годинний робочий день: понеділок – п'ятниця з 8 до 17, субота з 8 до 13. Обідня перерва 1 година на протязі робочого дня. Розглянемо організаційну структуру управління СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович». До керівних осіб СТО входять директор, начальник виробництва.

Кожен має свої обов'язки і робітників у своєму підпорядкуванні. Якісна робота кожного підприємства певною мірою залежить від чітко сформованої під відповідне виробництво організаційної структури управління.

Отже, структура управління СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» – відповідним чином побудована і впорядкована сукупність підрозділів апарату управління в їх взаємозв'язку і співвідношенні між ними. Схема організаційної структури управління СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» наведена на рисунку 1.1.

У персоналі СТО працюють тільки кваліфіковані робітники, більшість з яких пройшло додаткове навчання на спеціальних курсах для підвищення своєї кваліфікації. Усі керівні посади займають високодосвідчені спеціалісти.

Тепер розглянемо показники прибутку СТО, для розрахунків яких визначається загальний об'єм послуг та продукції.

Відмітимо, що під загальним об'ємом послуг та продукції розуміється вартість всіх послуг, що виконані підприємством і включені в обсяг реалізації побутових послуг по ТО і ремонту автомобілів за заявками населення, а також вартість послуг і продукції для організації неврахованих в об'ємі реалізації побутових послуг населенню.

Аналіз основних показників виробничо - фінансової діяльності СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» наведемо в таблиці 1.1.

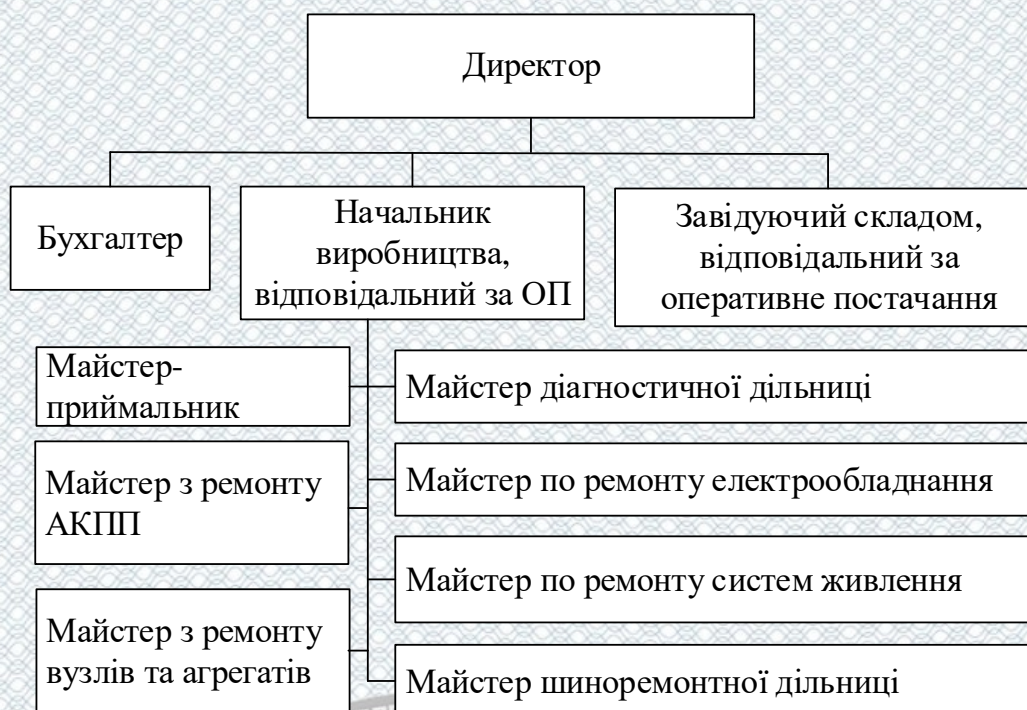


Рисунок 1.1 – Схема організаційної структури управління СТО фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка

Таблиця 1.1 – Аналіз основних показників виробничо-фінансової діяльності

Показники	Одиниці виміру	2018р.	2019р.	Темп росту%
1. Об'єм реалізації послуг	тис. грн.	820	816	99,512
в т.ч.: послуги	тис. грн.	590	575	97,45
запчастини	тис. грн.	180	186	103,33
інші	тис. грн.	50	55	105,5
2. Вартість нормо-години	грн.	85	100	110
3. Товарообіг всього	тис. грн.	237,7	242,35	101,96
в т.ч. роздрібний товарообіг	тис. грн.	120,5	123,6	102,57
з нього: запчастин	тис. грн.	101,2	103,1	101,87
комісійний	тис. грн.	9	8,8	97,78
інший	тис. грн.	7	6,85	97,85
4. Балансовий прибуток	тис. грн.	34	32,4	95,29
в т.ч.: від основного виробництва	тис. грн.	20,5	18,5	90,24
від торгівлі	тис. грн.	12	12,3	102,5
інший (оренда і т.п.)	тис. грн.	1,5	1,6	106,67

Вартість всіх послуг, що включені в загальний об'єм послуг і продукції, планується як і об'єм реалізації побутових послуг по ремонту і ТО легкових автомобілів по замовленнях населення, тобто без вартості використаних при ремонті запасних частин і основних матеріалів, за які замовник розраховується окремо.

В роздрібний товарообіг включається вартість проданих населенню запасних частин, автомобільних приладів та матеріалів.

На протязі останнього року має місце незначне погіршення деяких показників виробництва СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» необхідне проведення ряду організаційно-технічних заходів, направлених на підвищення ефективності роботи підприємства.

Регіон дії СТО СТО фізичної особи – підприємця «Плужник Володимир Миколайович» – м. Христинівка Черкаської області. Незначна частина робіт (до 12%) виконується для транзитних автомобілів.

1.3 Дослідження ринку надання автосервісних послуг

Сегментувати ринок автосервісних послуг можна за такими ознаками: географічною, або за місцем надання послуг (район місто, область і т.п.);

- за типом, марками або моделями автомобілів (вантажні, легкові, спеціалізовані і т.п.);

- за типом клієнтів (середній клас, власники раритетних автомобілів);

- за видами послуг (робіт);

- за категоріями або типами СТО;

- іншими суттєвими ознаками.

Визначивши потенційну ємність ринку та дослідивши її розподіл між конкурентами, зводимо дані у таблицю 1.4 та будуємо графічне їх відображення на рисунку 1.3. На ринку сервісного автомобільного обслуговування та встановлення автоскла СТО автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка має таких конкурентів в регіоні дії СТО:

- СТО-1, вул. Р. Шухевича, 12;

- СТО-2, вул. Є. Коновальця, 2;

- СТО-3, вул. Наконечного, 4.

Дані для побудови діаграми збираємо шляхом обстеження ринку, тобто аналізом конкурентів та опитуванням споживачів.

Таблиця 1.4 – Розподіл потенційної ємності на ринку між СТО та їх категорії

Позначення на рисунок 1.3	Назва та адреса СТО, основні роботи, які виконуються	Частка Ринку,%	Категорія СТО
1	2	3	4
СТО - 1	СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович», вул. Сивокобиленка, 19: - діагностика автомобілів; - ремонт підвіски автомобілів; - ремонт та обслуговування автоматичних коробок перемикачів передач; - шиномонтаж, балансування коліс, правка колісних дисків; - ремонт електрообладнання; - ремонт вузлів та агрегатів.	20	1-2
СТО - 2	СТО-1, вул. Р. Шухевича, 12: - діагностика автомобілів; - ремонт електрообладнання; - ТО та ремонт систем живлення дизельних двигунів; - регулювання кутів встановлення керованих коліс.	15	2-3
СТО - 3	СТО-2, вул. Є. Коновальця, 2 - кузовні роботи, фарбування кузовів; - ТО та ремонт гальмівної системи, рульового керування; - експрес заміна мастила та технічних рідин.	29	2-4
СТО - 4	СТО-3, вул. Наконечного, 4. - шиномонтаж, балансування коліс, правка колісних дисків; - ремонт електрообладнання; - ремонт підвіски автомобілів.	8	1-2
5	Дрібні приватні майстерні, гаражі, роботи в невеликих обсягах: - ТО та ремонт ходової частини; - ТО та ремонт системи живлення; - кузовні роботи; - ТО та ремонт електрообладнання; - дрібний ремонт на базі заміни вузлів.	10	1
6	Вільна частина ринку	18	-

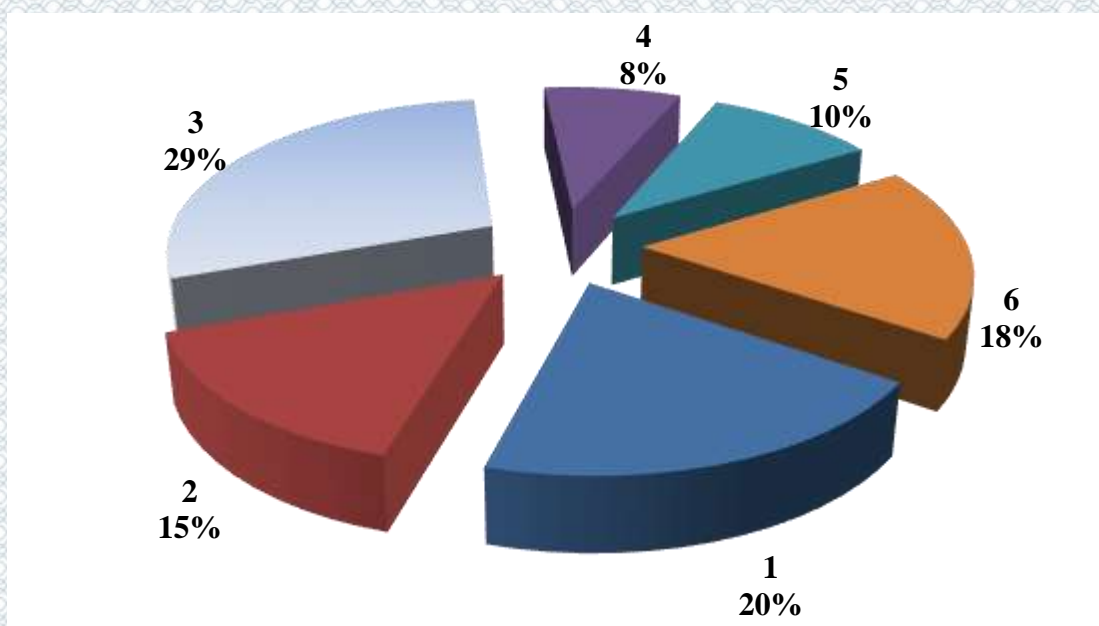


Рисунок 1.3 – Графічне відображення вільної частки ринку та частин, які займають конкуренти

Як видно з отриманих результатів, в районі де діє СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка є частка вільного ринку з послуг по обслуговуванню та ремонту автомобілів.

Конкуренти СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» зайняли свої власні сегменти ринку надання автосервісних послуг, роботи на різних СТО не дублюються а доповнюються.

Саме тому СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» зайняло конкретний сегмент ринку і виконує не весь можливий обсяг робіт СТО а лише конкретні роботи. На сьогоднішній день вітчизняні станції - здебільшого невеличкі майстерні, тим часом як у Європі переважають середні та великі фірмові СТО.

СТО завантажені в середньому лише на 40% від їх потужності. Більшість вітчизняних автовласників задля економії ремонтують автомобілі самотужки, і тільки якщо операції технологічно неможливо виконати в гаражних умовах та якщо потрібна складна діагностика, звертаються до СТО.

1.4 Аналіз конструктивних особливостей сучасних автоматичних коробок перемикання передач

Покращання експлуатаційних властивостей сучасного автомобіля привело до істотного ускладнення його конструкції. Оснащення автомобілів АКПП дало змогу різко знизити обсяг навантаження, покладеного на водія під час руху, а також сприятливо позначилось на ходовій частині, двигуні та швидкісних характеристиках автомобіля. Надійність і простота експлуатації визначили подальше широке використання цього винаходу. Сьогодні автоматичні АКПП застосовуються і на легкових, і на повнопривідних автомобілях, і навіть на вантажному транспорті.

Весь різновид АКПП, що застосовуються, умовно можна розділити на два типи. Основна відмінність цих типів полягає в системах керування і контролю за роботою КПП. До першого типу АКПП належать гідромеханічні, а до другого — роботизовані КПП. Окремим видом автоматичних КПП є безсходинковий варіатор.

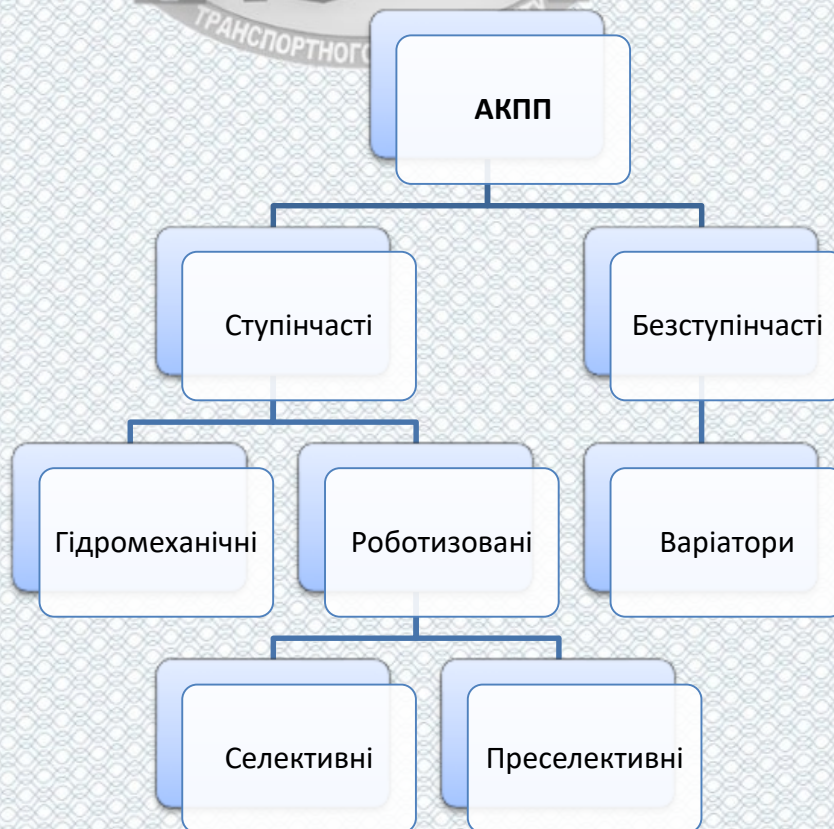


Рисунок 1.1 – Типи автоматичних коробок перемикання передач

Для початку розглянемо будову та принцип роботи гідромеханічної трансмісії, передача моменту в якій здійснюється через гідротрансформатор.

Гідротрансформатор (турботрансформатор) або конвертор крутного моменту - це пристрій, що служить для передачі обертового моменту, без жорсткого з'єднання (завдяки внутрішньому тертю в рідині), від двигуна автомобіля до КПП і дає можливість автоматично і плавно змінювати крутний момент і частоту обертання, що передаються КПП [2].

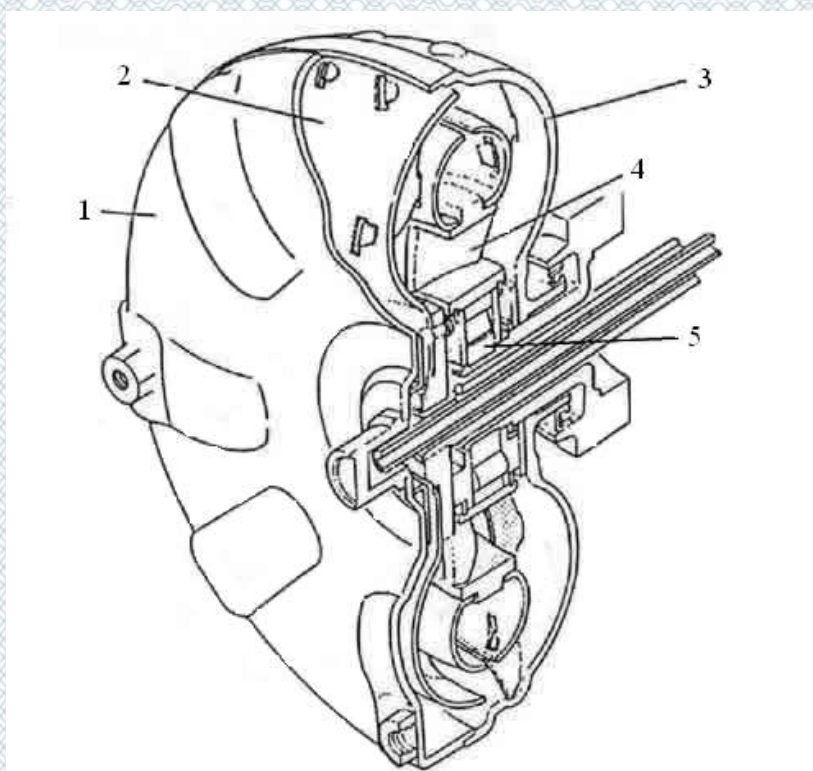


Рисунок 1.2 – Гідротрансформатор (1 - корпус гідротрансформатора; 2 - турбінне колесо; 3 - насосне колесо; 4 - реакторне колесо; 5 - обгінна муфта)

Гідротрансформатор, завдяки реакторному колесу, здатний дещо збільшувати крутний момент. Це можна пояснити так: коли відпрацьоване мастило з лопастей турбіни потрапляє в зворотньому напрямку назад на насосне колесо, на шляху вона зустрічає нерухомі лопасті реактора, які відкидають потік на лопасті насосного колеса вже під іншим кутом. Таким чином «корисна енергія» потоку і крутний момент збільшуються. В свою чергу зростання опору потоку спричиняє збільшення гідравлічних втрат.

По мірі зростання швидкості автомобіля (а значить, і частоти обертання турбіни) колесо реактора розгальмовується, і гідротрансформатор переходить у режим гідромуфти. На графіку (рис. 1.3) режим гідромуфти показаний заломом кривих.

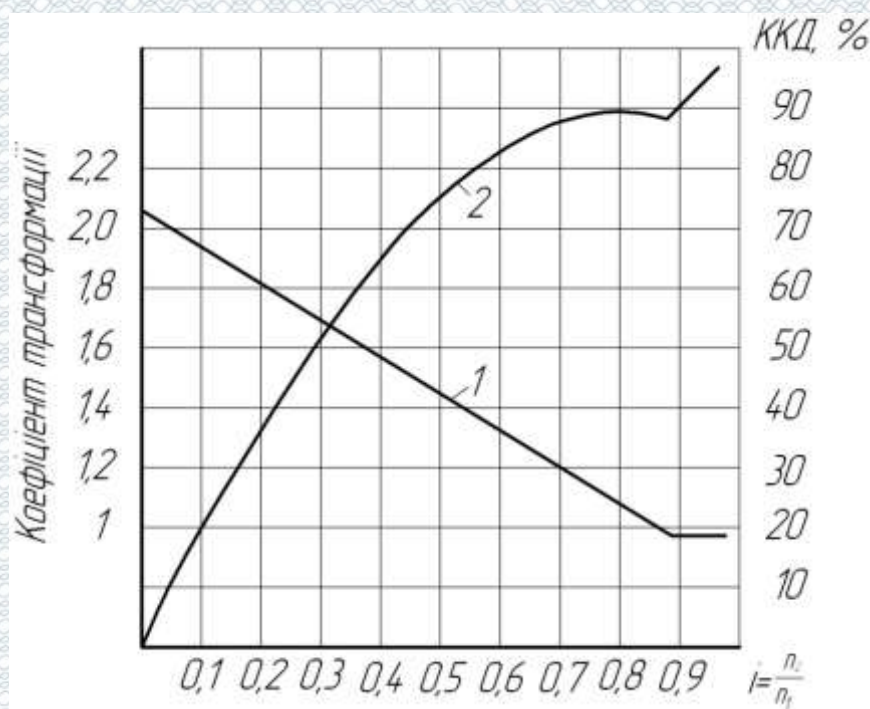


Рисунок 1.3 – Зовнішня характеристика гідротрансформатора
(1 - крива коефіцієнта трансформації; 2 - крива ККД)

На відміну від простої механічної трансмісії, в якій використовують паралельні вали і шестерні, що зчіплюються між собою шестерні, в гідромеханічних КПП використовують планетарні передачі (рис. 1.4, рис. 1.5).

У корпусі самої коробки передач розташовані кілька планетарних механізмів (переважно два), вони і забезпечують необхідні передавальні відношення. Передача крутного моменту від двигуна через планетарні механізми до коліс відбувається за допомогою фрикційних дисків, диференціала та інших сервісних пристроїв. Керування всіма цими пристроями здійснюється завдяки трансформаційній рідині через систему керування і контролю.

З появою гідротрансформатора стало можливим автоматизувати процес перемикання передач.

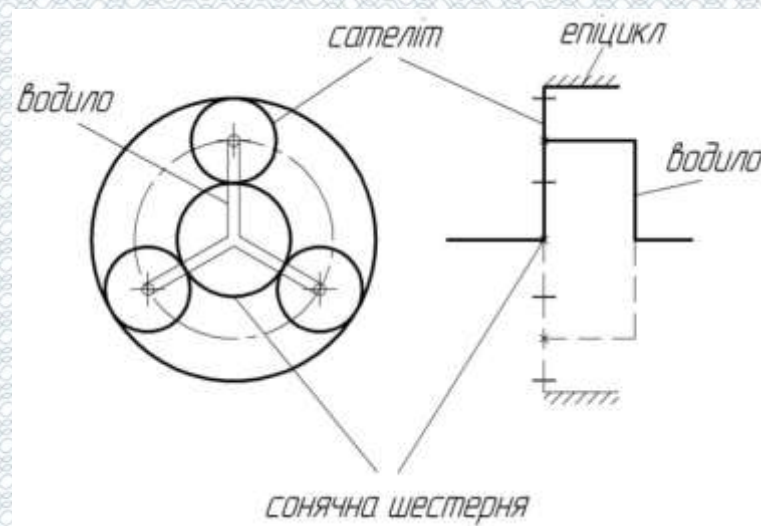


Рисунок 1.4 – Планетарний ряд гідромеханічної КПП

На відміну від традиційного зчеплення, гідротрансформатор забезпечує нежорстке з'єднання двигуна з КПП, що істотно спростило керування трансмісією і зменшило динамічні навантаження в ній.

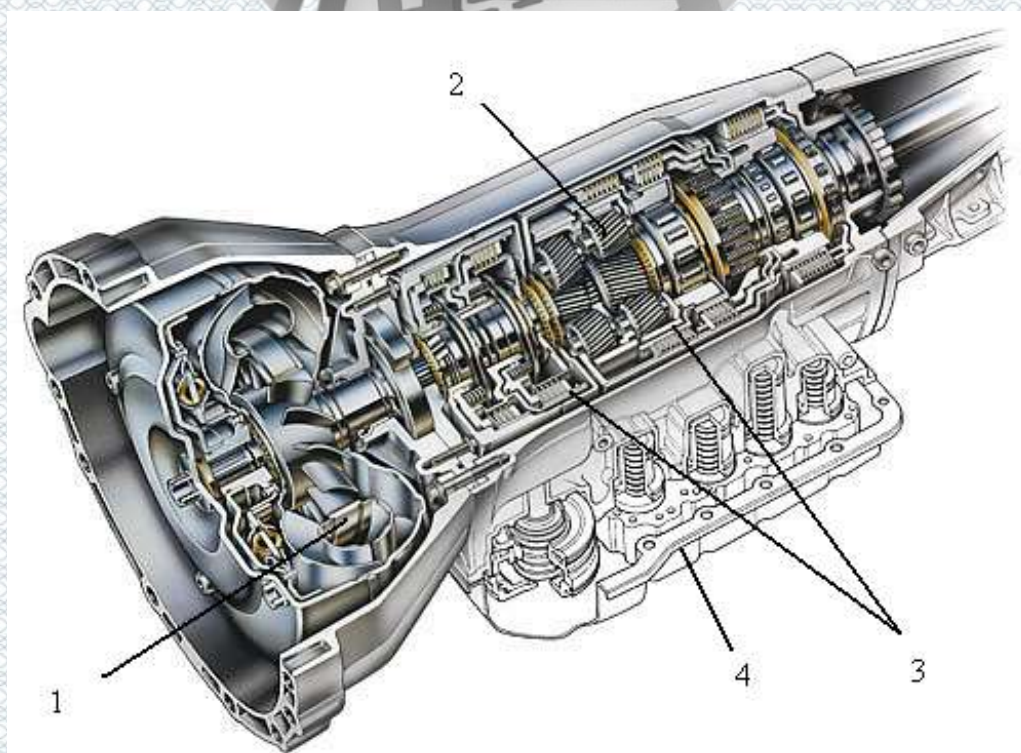


Рисунок 1.5 – Гідромеханічна АКПП (1 - гідротрансформатор;
2 - планетарний ряд; 3 - гальмівна стрічка; 4 - пристрій керування)

Недоліки й переваги гідромеханічних КПП наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Переваги та недоліки АКПП з гідротрансформатором

Переваги	Недоліки
1. Висока надійність і довговічність конструкції.	1. Низький, порівнянно з іншими КПП ККД.
2. Простота керування.	2. Низькі динамічні показники.
3. Високий рівень комфорту.	

Сучасні тенденції розвитку і жорсткі екологічні та паливно-економічні норми, вимагають від автовиробників створення автоматичних трансмісій з вищим ККД і швидкодією, чого гідромеханічні АКПП не в змозі повністю забезпечити. Тому в кінці ХХ століття з'явилися так звані роботизовані КПП. У своїй основі вони нічим не відрізняються від звичайних механічних КПП, з одною лише відмінністю, функцію керування перебрав на себе електронний блок керування (спеціалізований комп'ютер).

Роботизовані коробки можуть мати електричний або гідравлічний привід зчеплення та передач. В електронному приводі виконавчими органами є сервомеханізми (електродвигуни). Гідравлічний привід здійснюється за допомогою гідроциліндрів.

Принцип роботи роботизованої коробки передач полягає в наступному. На підставі сигналів вхідних сенсорів електронний блок керування формує алгоритм керування КПП в залежності від зовнішніх умов і реалізує його через виконавчі механізми. Керує актуатором електронний блок. За командою на перемикання перший сервопривід витискає зчеплення, другий переміщає синхронізатори, вмикаючи потрібну передачу. Потім перший плавно відпускає зчеплення. В автоматичному режимі команда на зміну передач надходить від комп'ютера, що враховує швидкість руху, оберти двигуна, дані ESP, ABS та інших систем. У ручному режимі керування РКПП наказ на перемикання передач віддає водій за допомогою селектора КПП або підкермових пелюсток.

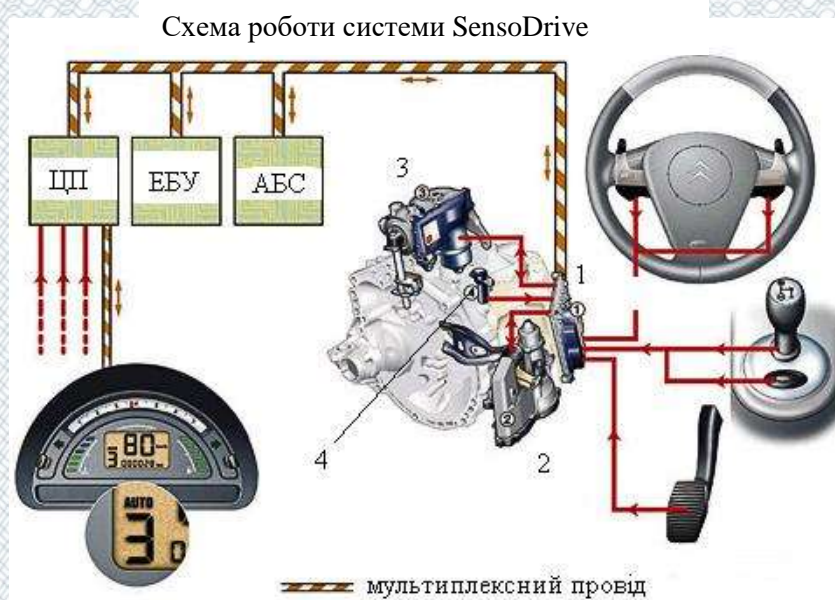


Рисунок 1.6 – Роботизована коробка перемикачів передач Sensodrive фірми Citroen: (1 - блок керування КПП; 2 - актуатор зчеплення; 3 - актуатор механізму перемикачів передач; 4 - сенсор частоти обертання первинного вала КПП)

Основним недоліком РКПП є великий час перемикачів передач (до 2 с), що призводить до провалів і ривків у динаміці автомобіля і знижує комфорт від керування транспортним засобом.

Наприклад фірма Ricardo замінила окремі актуатори для зчеплення і вибору передачі одиночним електромагнітним актуатором на прикладі «робота» Easytronic від моделі Opel Corsa (рис. 1.7). Завдяки цьому зменшилися розміри і маса агрегату. І найголовніше - механізм вибору передачі став працювати у вісім разів швидше, а загальний період розриву потоку потужності скоротився до 0,35 с.

Проблема «робота» - відсутність зворотного зв'язку за зчепленням. Людина відчуває момент змикання дисків і може перекинути передачу швидко і плавно, а електроніка змушена перестраховуватись щоб уникнути характерних ривків і вберегти зчеплення, «робот» на триваліший час розриває потік потужності від двигуна до коліс під час перемикачів. Виходять дискомфортні провали на розгоні. Порівняльна характеристика РКПП наведена у табл. 1.2. Єдиний спосіб досягти комфорту при перемикачів - скоротити їхній час. А це, на жаль, означає зростання ціни всієї конструкції.

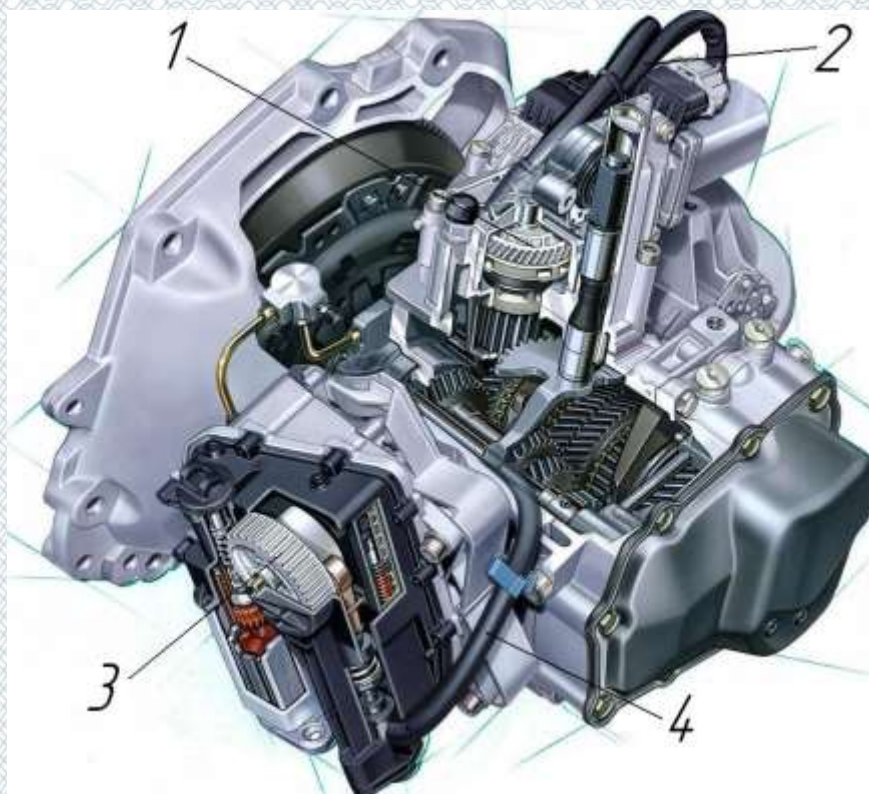


Рисунок 1.7 – Коробка передач Easytronic (1 - модуль перемикання; 2 - кабельний канал; 3 - блок керування зчепленням; 4 - гідравлічний контур зчеплення)

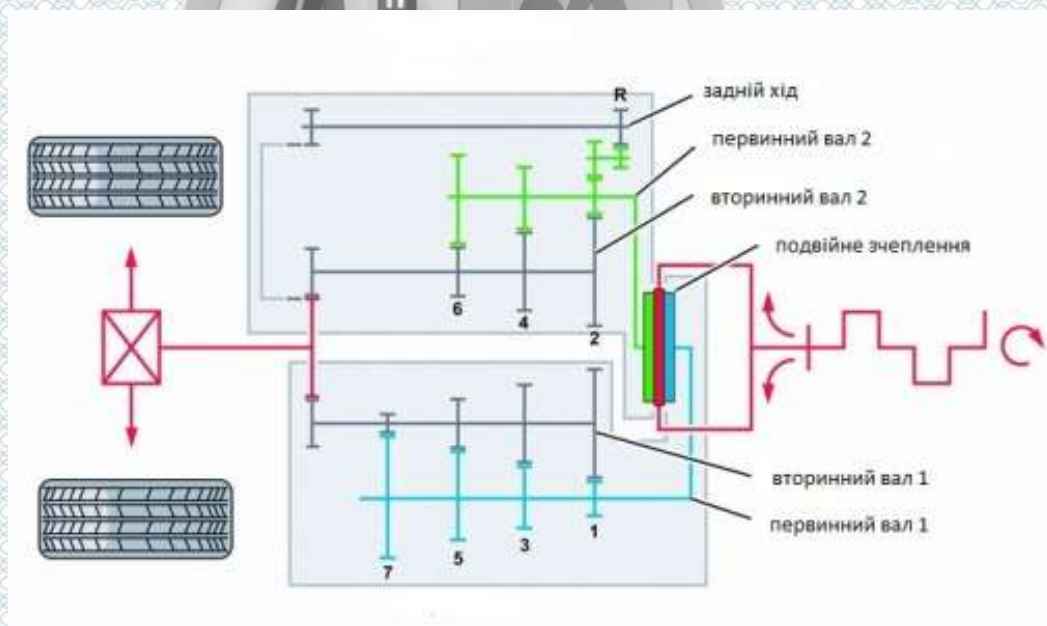
Таблиця 1.2 - Переваги й недоліки роботизованих коробок перемикання передач

Переваги	Недоліки
1. Простота в керуванні. 2. ККД на рівні з механічною КПП. 3. Можливість обирати режим роботи.	1. Затримки при перемиканні.

Вирішення зазначеної проблеми було знайдено в застосуванні КПП з двома зчепленнями, що забезпечило перемикання передач без розриву потоку потужності.

Таке технічне рішення реалізовано в коробках DSG, S-Tronic (час перемикання передач 0,03 – 0,04 с), а також коробках SMG і DCT M Drivelogic (час перемикання передач 0,01 с), що встановлюють на спортивні автомобілі фірми BMW.

Розглянемо її роботу на прикладі 6-ступеневої коробки типу DSG концерну Volkswagen (рис. 1.8). У коробці є два вторинних валів з веденими шестернями і синхронізаторами, які на них розташовані, - схоже як у шестиступінчастій механічній трансмісії. Весь секрет у тому, що первинних валів є теж два: вони вставлені один в одного. Кожен з валів з'єднується з двигуном через окреме багатодискове «мокре» зчеплення. На зовнішньому первинному валу закріплені шестірні другої, четвертої та шостої передач, на внутрішньому — першої, третьої, п'ятої та заднього ходу. Припустимо, автомобіль починає розгін з місця. Включається перша передача (муфта блокує ведену шестерню першої передачі, рис. 1.9).



Рисенок 1.8 – Принципова схема роботизованої коробки перемикання передач з двома зчепленнями

Але одночасно з увімкненням першої передачі електроніка прогнозує подальше вмикання другої передачі і блокує її вторинну шестерню. Саме тому такі коробки ще називають преселективними.

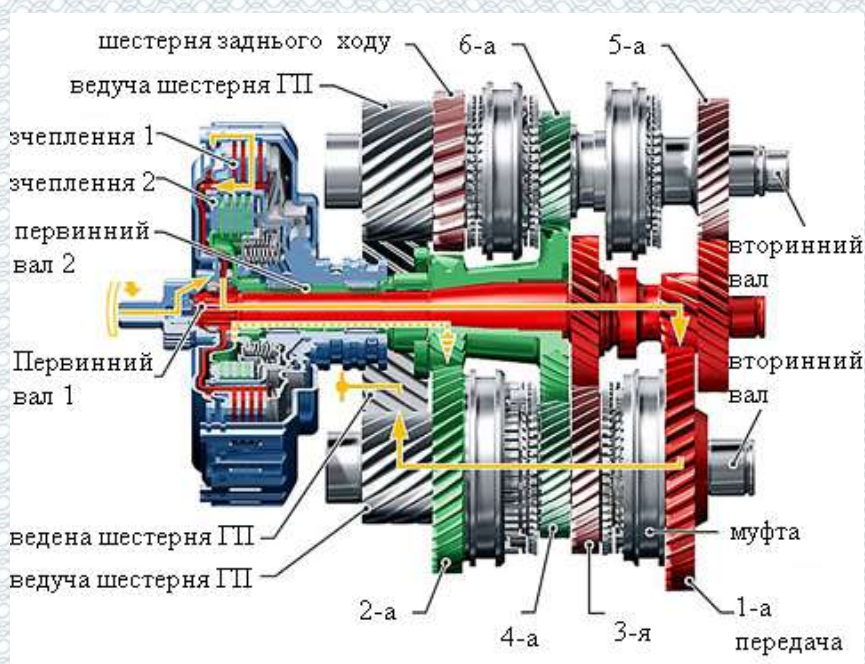


Рисунок 1.9 – Стан коробки перемикання передач DSG при увімкнутій 1-й передачі (муфтами заблоковані шестерні 1-ї та 2-ї передач)

Таким чином, включені дві передачі відразу, але заклинювання не відбувається, оскільки ведуча шестерня другої передачі знаходиться на зовнішньому валу, зчеплення якого поки що розімкнено.

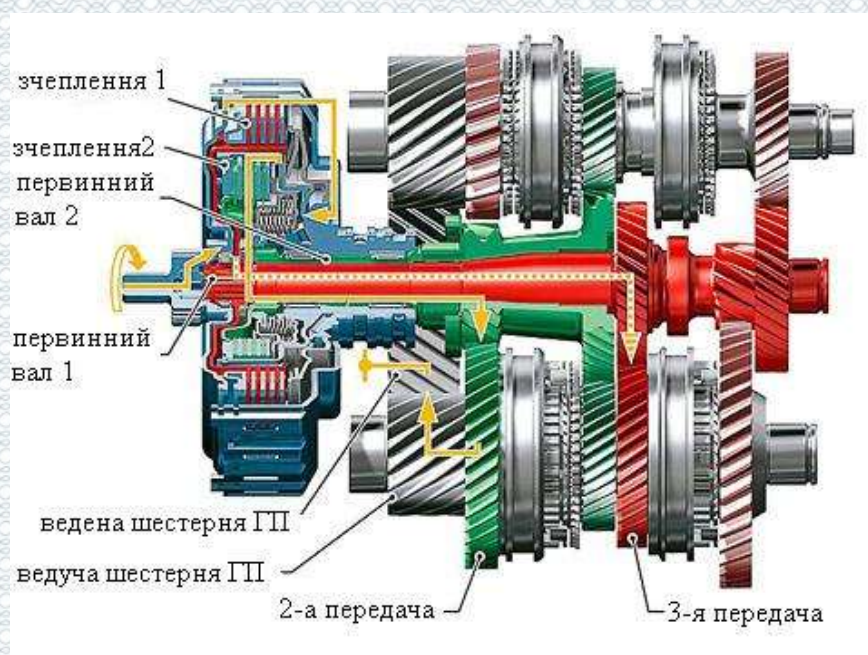


Рисунок 1.10 – Стан коробки перемикання передач DSG при увімкнутій 2-й передачі (муфтами заблоковані шестерні 2-ї та 3-ї передач)

Основними недоліками роботизованих коробок перемикання передач з двома «мокрими» зчепленням є складність конструкції, велика кількість оливи і досить висока маса самої коробки.

Досконалішою конструкцією РКПП з двома зчепленнями є 7-сходинова РКПП типу DSG з двома «сухими» зчепленнями. У порівнянні з 6-сходиновою DSG нова коробка використовує «сухі» фрикційні муфти, тобто працюють не в мастильній ванні. Така технологія застосована вперше у світі. Ця та інші технічні новинки дозволили значно підвищити ККД коробки передач DSG. Результат — подальше зниження витрати палива і шкідливих викидів, більше комфорту і задоволення за кермом. Крутний момент від двигуна до коліс у РКПП з двома зчепленнями передається без чіткого розриву під час перемикання, завдяки тому що одне зчеплення починає розмикатися тоді, коли інше замикається (рис. 1.11).

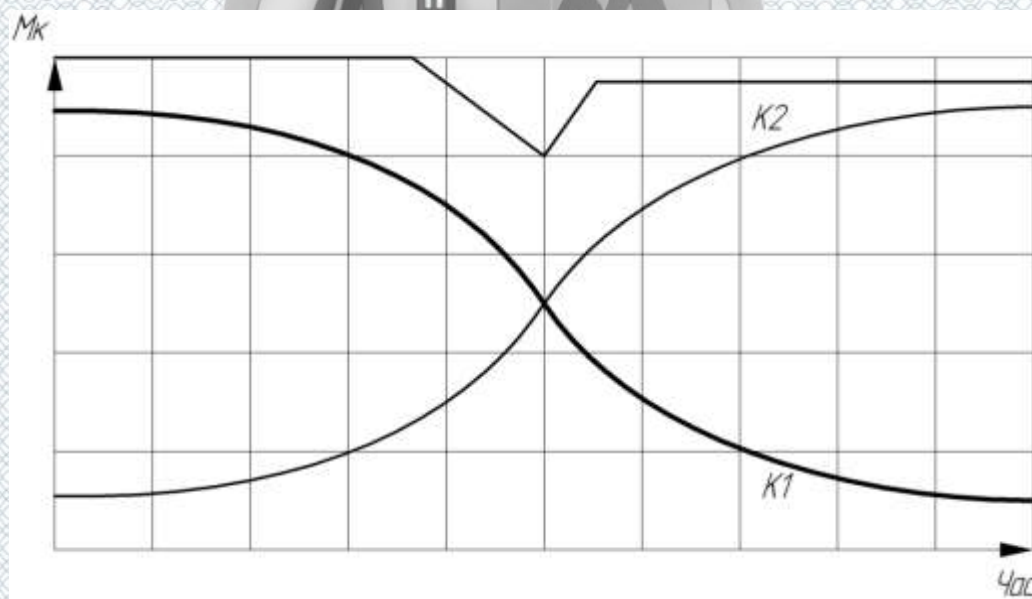


Рисунок 1.11 – Графіки зміни крутного моменту при перемиканні передач у роботизованій КПП з двома зчепленнями

Не завжди, однак, вдається забезпечити низькі втрати енергії. Проблема в тому, що сухі зчеплення (такі ж, як і в ручних коробок) у преселективних РКПП можуть перегріватися, тому в моделях, розрахованих на потужні двигуни, замість них застосовуються пакети фрикціонів, що працюють в мастилі.

Вони краще тримають навантаження, але через більше проковзування і гідродинамічні втрати ефективність передачі потужності знижується до 96 %, тоді, як ручні КПП і їхні роботизовані версії досягають 98 – 99 %. Втім, це, звичайно, краще від звичайного «автомата» з його втратами (91 – 94 %).

Коробки з подвійним зчепленням економічніші та швидкодійніші від традиційних механічних, а також більш комфортні, ніж автоматичні трансмісії.

Другу проблему - нездатність передавати великий крутний момент - вирішили з появою DSG фірми Ricardo на 1000-сильному купе Bugatti Veyron. Порівняльна характеристика РКПП з двома зчепленнями наведена у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Переваги й недоліки роботизованих КПП з двома зчепленнями

Переваги	Недоліки
1. Високі динамічні показники.	1. Висока вартість.
2. Плавність перемикавання передач.	2. Важча порівняно зі звичайною механічною КПП.
3. Високий ККД.	
4. Високий рівень комфорту.	
5. Можливість обирати режим роботи трансмісії.	
6. Перемикавання відбувається без втрати потужності.	

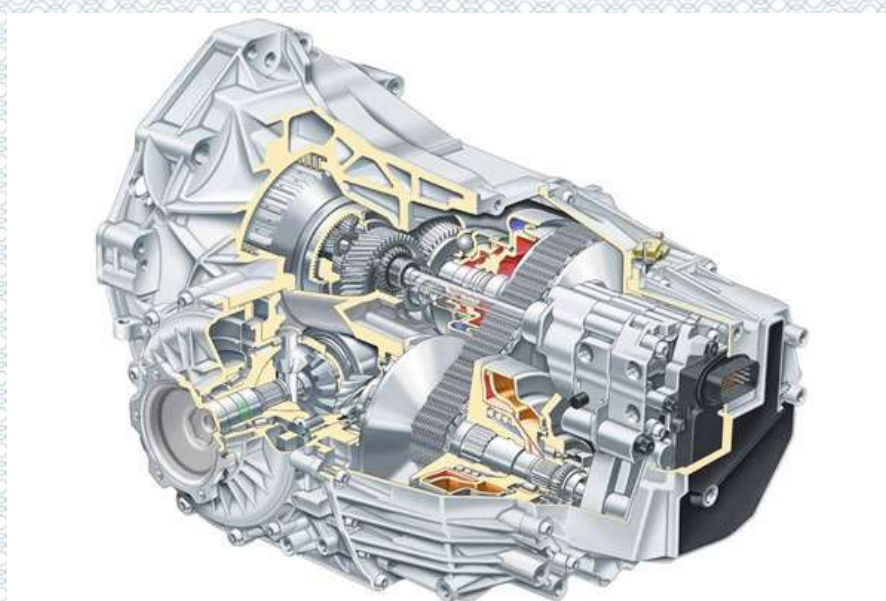


Рисунок 1.12 – Автоматична коробка перемикавання передач Multitronic

Ще одним видом автоматичних КПП є варіатори, наприклад КПП типу Multitronic, які дають можливість плавно змінювати передавальні відношення між вхідним і вихідним валами (рис. 1.12).

Далі розглянемо варіатор (Continuously Variable Transmission (CVT)) – являє собою механічну передачу, здатну плавно міняти передавальне відношення в деякому діапазоні регулювання. Зміна передавального відношення здійснюється вручну або автоматично. Варіатори бувають конусні, кулькові, багатодискові, торові, хвильові та клинопасові.

В автомобілях використовуються переважно клинопасові варіатори фрикційного типу. Принцип роботи таких варіаторів полягає у зміні діаметрів шківів, рис. 1.13. Передача моменту між шківками відбувається через ремінь, який складається з великої кількості металевих пластин, з'єднаних між собою, як правило, металевою стрічкою (рис. 1.14).

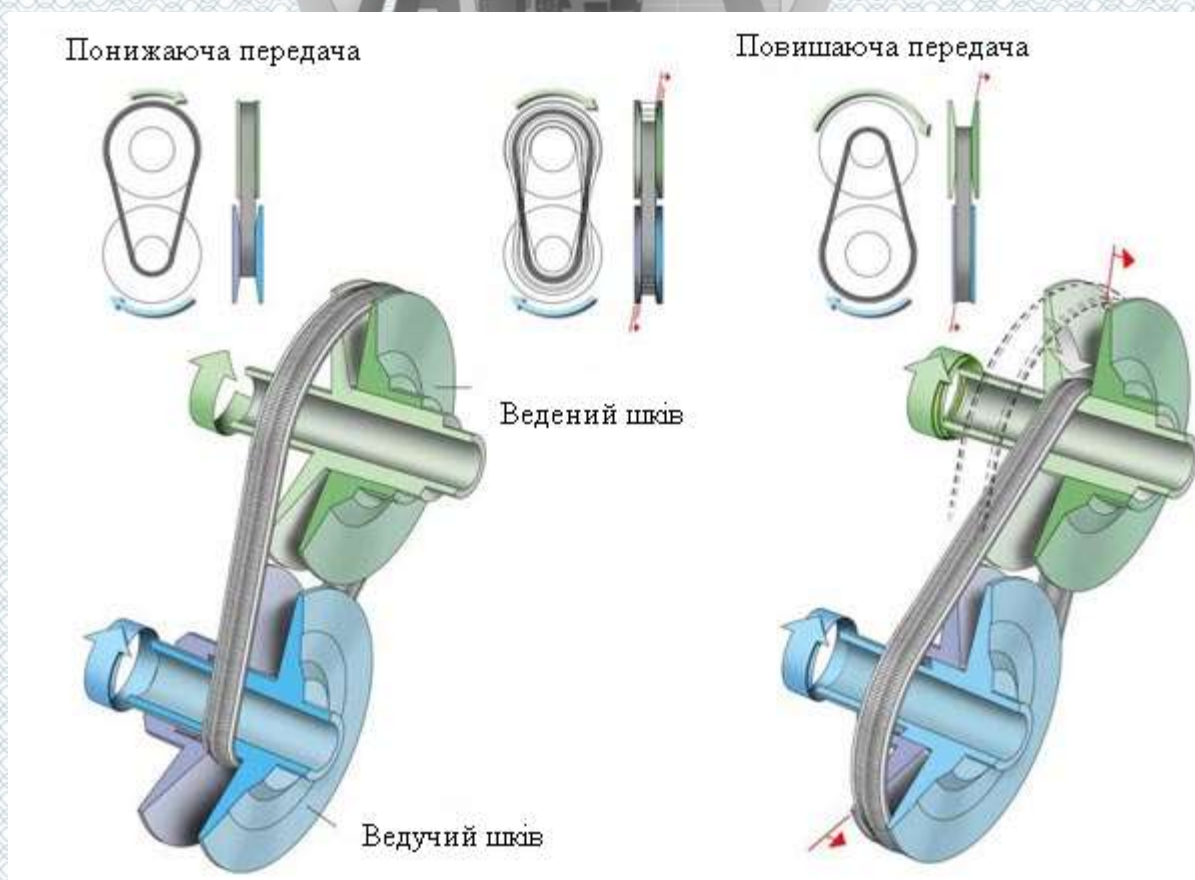


Рисунок 1.13 – Принципова схема роботи варіатора



Рисунок 1.14 – Пас варіатора

Істотним недоліком варіаторів є обмеження передачі крутного моменту, оскільки це є фрикційна передача. Однак конструкторам фірми AUDI вдалось покращити ці показники, у своїй трансмісії Multitronic вони для передачі крутного моменту використали ланцюг замість звичного для всіх інших паса (рис. 1.15).

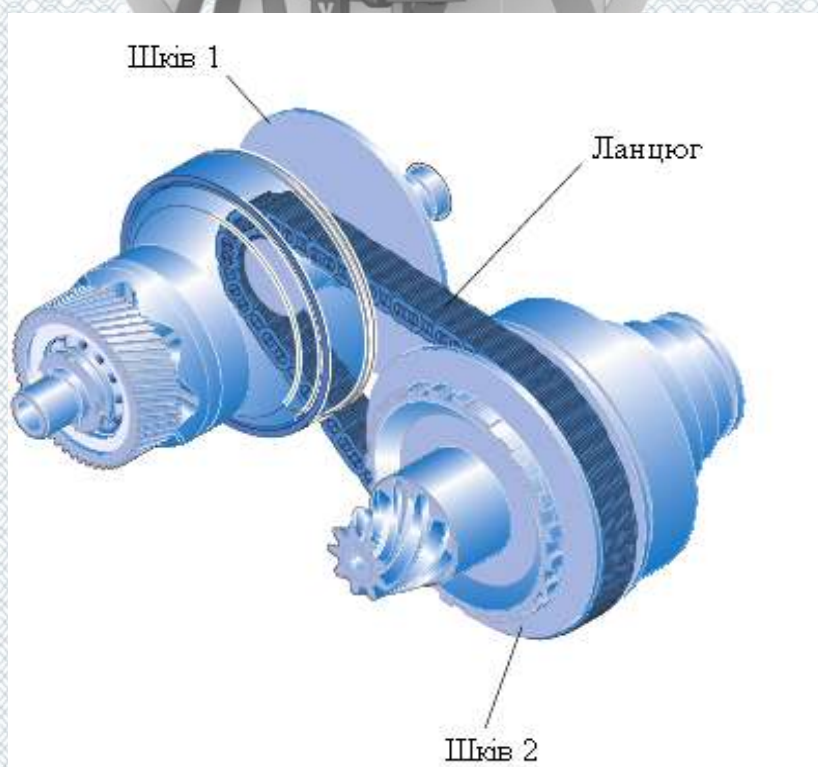


Рисунок 1.15 – Ланцюгова передача трансмісії Multitronic

Порівняльна характеристика безсхдинкових автоматичних КПП наведена у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Переваги й недоліки варіатора

Переваги	Недоліки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Плавна зміна передавального відношення. 2. Найвищий ККД. 3. Високі динамічні показники. 4. Високий рівень комфорту. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обмеження по передачі крутного моменту. 2. Порівняно низький ресурс (з клинопасовою передачею).

Переваги коробки передач Multitronic пов'язані, в першу чергу, з її економічністю і відсутністю втрат у динаміці. Динамічні показники автомобіля з Multitronic і 5-ти сходиноквою механічною КПП — однакові. Ще переконливіше виглядають відмінності Multitronic порівняно зі стандартною автоматичною трансмісією, де, незважаючи на всі удосконалення, втрати потужності все ще залишаються. Система Multitronic, порівняно з найсучаснішими АКПП, також забезпечує незрівнянно більш м'який і плавний хід. Multitronic робить перемикання передач абсолютно непомітним: ця трансмісія працює абсолютно без ривків, а перемикання відбувається за частки секунди.

Створюючи цю трансмісію, інженери з Інгольштадта піддали традиційний варіатор істотної ревізії. Перш за все, як уже було зазначено вище, привідний пас варіатора вони замінили спеціальним ланцюгом. Складається він з 1025 пластинок, сполучених 75 штифтами. На кожен штифт насаджені 27 пластин, 13 з яких підходять до штифта з одного боку, а 14 - з іншого.

Заміна штовхаючого сталевого паса на ланцюг дозволила забезпечити передачу великих крутних моментів при однакових розмірах шківів. На перший погляд, заміна клинового паса ланцюгом викликає подив. Адже, щоб передавати великий момент, необхідні великі сили тертя між робочими поверхнями шківів і ланцюгом. Але зазвичай ланцюг працює зовсім за іншим принципом і поверхні тертя йому не потрібні. Справа в тому, що штифти, а точніше, їхні торці, заточені під кутом конуса шківів, і є тими робочими поверхнями, які передають значне тягове зусилля. Матеріал штифтів (підшипникова сталь) і технологія їх виготовлення забезпечують

ланцюга небувало зносостійкість. За результатами випробувань в Інгольштадті знос штифтів до кінця терміну служби автомобіля складе всього 0,1 – 0,2 мм, тому міняти ланцюг протягом усього періоду експлуатації автомобіля не потрібно.

1.5 Види і характеристика зчеплень коробок перемикання передач

Зчеплення призначено для плавного рушання автомобіля, короткочасного роз'єднання двигуна і КПП при перемиканні передач, запобігання впливу на трансмісію великих динамічних навантажень, що виникають на перехідних режимах і русі по різних дорогах [2].

При аналізі й оцінці конструкції зчеплень, як і інших механізмів, потрібно враховувати вимоги до них:

- надійна передача крутного моменту від двигуна до КПП;
- плавність і повнота ввімкнення;
- мінімальний момент інерції ведених елементів;
- добре відведення тепла від поверхонь тертя;
- запобігання виникненню динамічних навантажень у трансмісії;
- мінімальні затрати зусиль на керування;
- добре зрівноваження.

За типом приводу розрізняють механічні, гідравлічні й електромагнітні муфти зчеплення [1]. Найбільш поширені механічні муфти зчеплення поділяють:

- за видом тертя - на сухі і ті, які працюють в оливі («мокрі»);
- за режимом вмикання - постійно замкнуті й не постійно замкнуті;
- за кількістю ведених дисків - одно- (рис. 1.16), дво- (рис. 1.17) і багато-дисківі;
- за типом і розташуванням натискних пружин - з розташуванням пружин по периферії натискного диска і з центральною діафрагмовою пружиною;
- за способом керування - з механічним, гідравлічним, електричним або комбінованим приводом (наприклад, гідромеханічним).

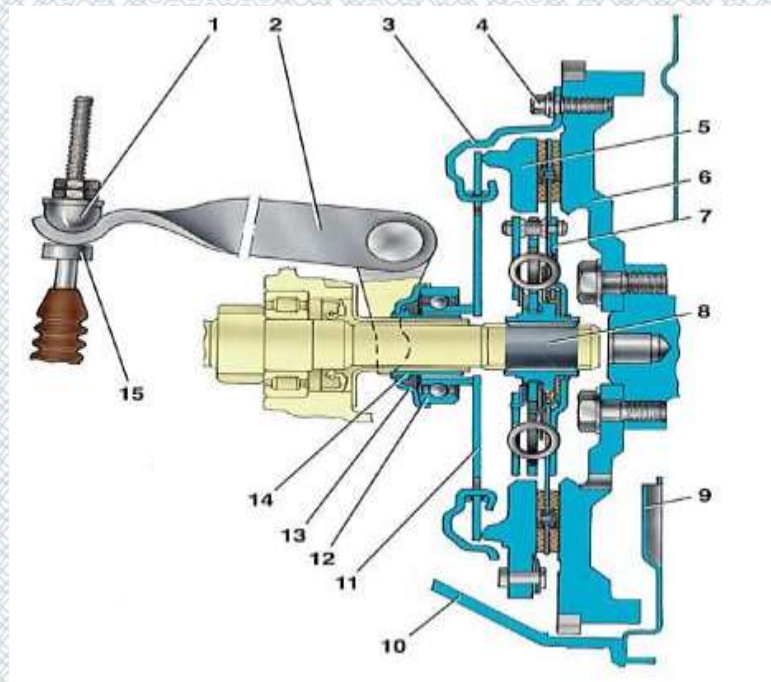


Рисунок 1.16 – Схема однодискового зчеплення

(1 - поводок троса; 2 - вилка виключення зчеплення; 3 - кожух зчеплення; 4 - болт кріплення зчеплення до маховика; 5 - натискний диск; 6 - маховик; 7 - ведений диск; 8 - первинний вал коробки передач; 9 - нижня кришка картера зчеплення; 10 - картер зчеплення; 11 - натискна пружина; 12 - підшипник вмикання зчеплення; 13 - фланець муфти підшипника; 14 - втулка муфти підшипника; 15 - обмежувальна втулка)

Привід зчеплення призначений для забезпечення роботи зчеплення. На сучасних автомобілях застосовуються приводи зчеплення таких видів:

- механічний;
- гідравлічний;
- електромагнітний.

Найбільше застосування в автомобілі знайшли механічний та гідравлічний (рис. 1.19) приводи зчеплення. Електромагнітний привід використовується для автоматизації керування зчепленням. Гідравлічний привід здебільшого використовується на вантажних автомобілях та автобусах, де потрібно створити велике зусилля для того, щоб розімкнути диски.

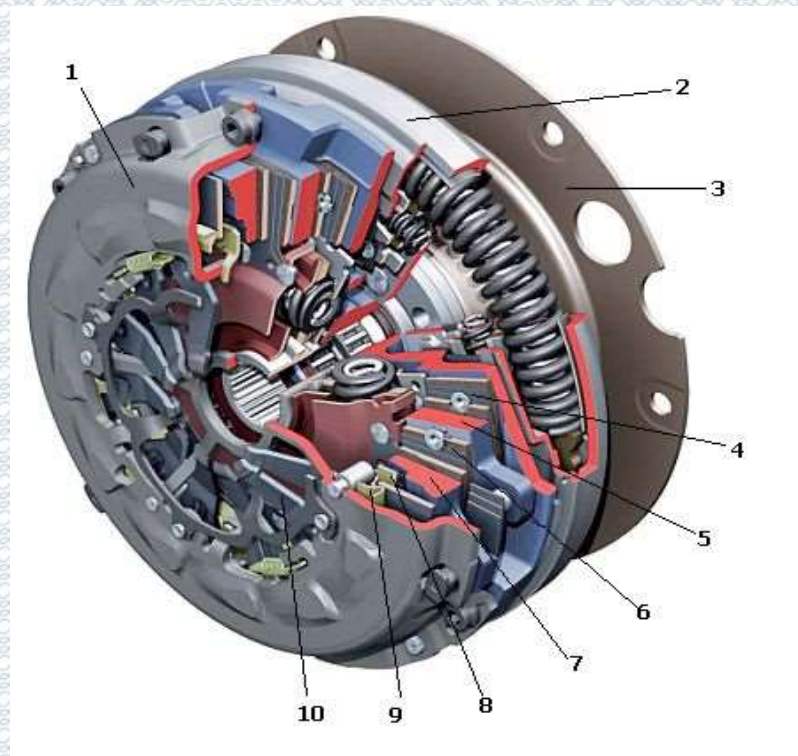


Рисунок 1.17 – Схема дводискового зчеплення

(1 - кришка корпусу; 2 - двомасовий маховик; 3 - привідна пластина; 4 - диск ведений з пружинами демпферними; 5 - прокладки; 6 - ведений диск; 7 - нажимний диск; 8 - пружина сенсорна; 9 - кільце регульовальне; 10 - пружина діафрагмова)

Конструктивно головний і гальмівний циліндри складаються з поршня зі штовхачем, розміщених у корпусі. При натисканні на педаль зчеплення штовхач переміщує поршень головного циліндра, відбувається відсікання робочої рідини від бачка. При подальшому русі поршня робоча рідина по трубопроводу надходить у робочий циліндр. Під впливом рідини відбувається рух поршня зі штовхачем. Штовхач впливає на вилку зчеплення і забезпечує його вимикання.

У роботизованих коробках перемикання передач таких як: DSG 6, PDK, S-tronic для передачі моменту використовують багатодискові муфти зчеплення, які працюють у мастильних ваннах[5] (рис. 1.20).

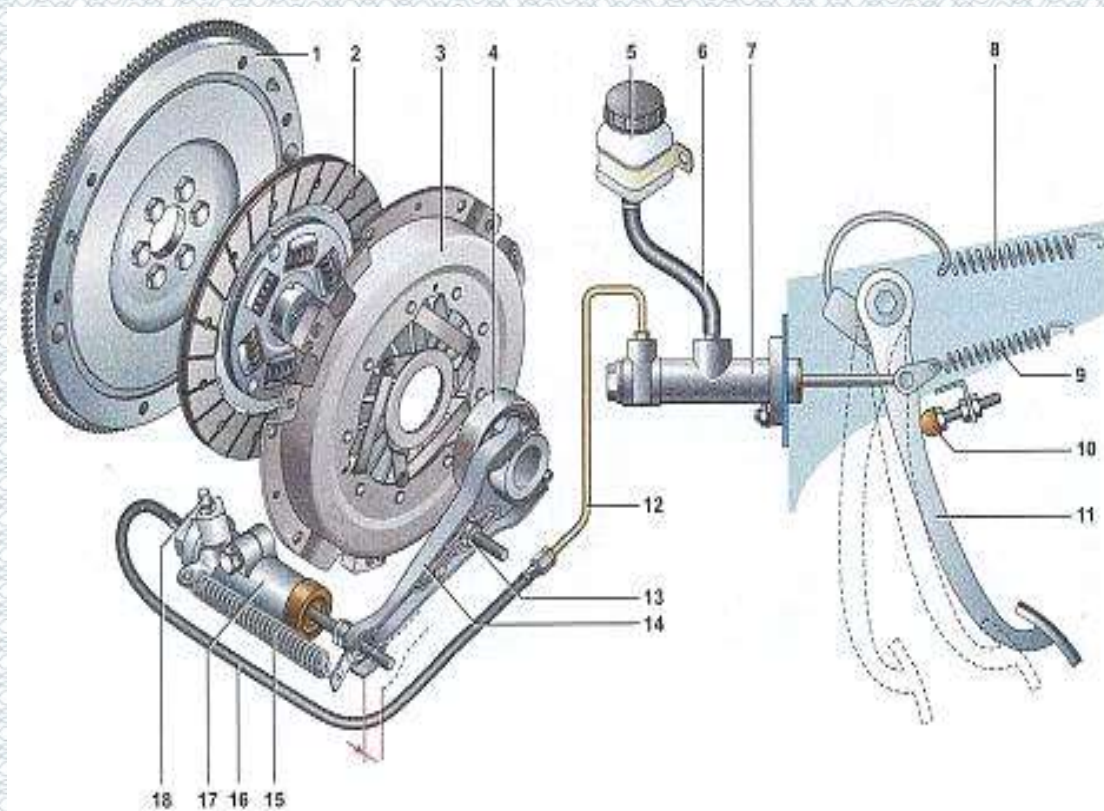


Рисунок 1.19 – Схема гідравлічного приводу зчеплення

(1 - маховик; 2 - ведений диск зчеплення; 3 - корзина зчеплення; 4 - підшипник вимикання зчеплення; 5 - бачок гідроприводу зчеплення; 6 - трубопровід; 7 - головний циліндр гідроприводу вимикання зчеплення; 8 - сервопружина вимикання зчеплення; 9 - поворотна пружина педалі зчеплення; 10 - обмежувальний гвинт ходу педалі зчеплення; 11 - педаль зчеплення; 12 - трубопровід гідроприводу; 13 - шарова опора вилки; 14 - вилка вимикання зчеплення; 15 - відтягувальна пружина вилки вимикання зчеплення; 16 - трубопровід; 17 - робочий циліндр гідроприводу вимикання зчеплення; 18 - штуцер прокачування зчеплення)

Головною особливістю нової семиступінчастої коробки перемикачів передач DSG є подвійне сухе зчеплення (рис. 1.21). Конструктори відмовилися від використаної у шестисходиноквій КПП типу DSG мастильної ванни, що виявилось світовою інновацією у технології трансмісій з двома зчепленням. Це нововведення та інші технічні особливості служать подальшому підвищенню ефективності КПП типу DSG, яка виражається в зниженні витрат палива і кількості шкідливих викидів, а також у більшому комфорті і задоволенні від водіння.

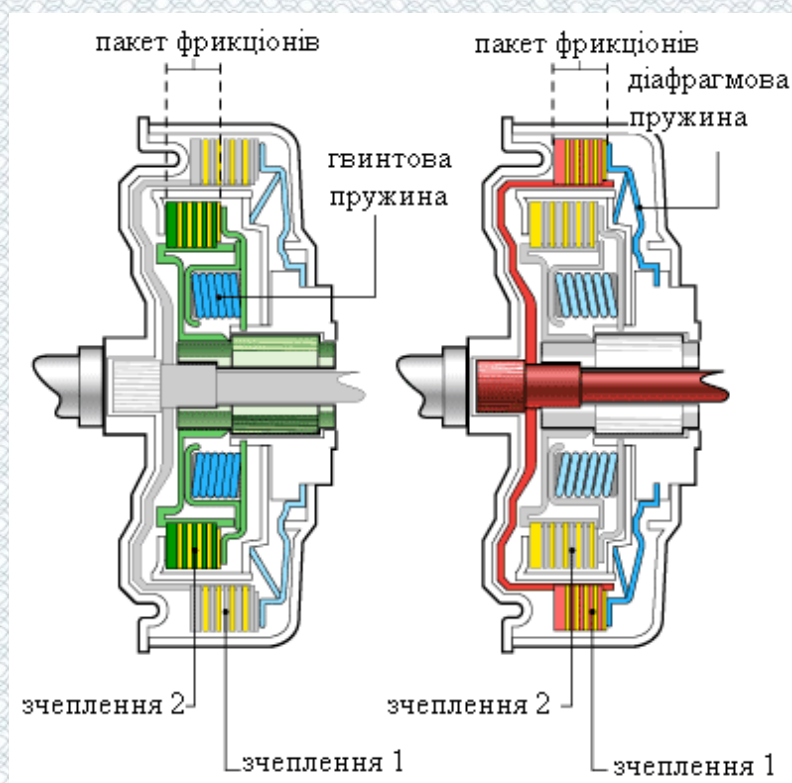


Рисунок 1.20 - Багатодискові муфти зчеплення коробок передач DSG



Рисунок 1.21 – Сухе подвійне зчеплення

У КПП застосовують різноманітні фрикційні матеріали. Вони володіють високим і стабільним коефіцієнтом тертя і високою зносостійкістю.

Фрикційні матеріали зберігають високий коефіцієнт тертя (0,2 — 0,6) і мінімальний рівень зносу (лінійна інтенсивність зношування $I=h/L=10^{-7}$, де h — товщина шару стертої накладки, L — шлях тертя) в умовах великого діапазону швидкостей ковзання, навантажень і температур. Характеризуються вони також високою механічною міцністю, низькою схильністю до схоплювання, задирання і заїдання, добрим і швидким припрацюванням, високим опором до теплової втоми та стійкістю проти теплового удару, що виникає у результаті інтенсивного виділення тепла при терті. Розрізняють фрикційні матеріали для досить легких (температура на поверхні тертя нижче 100°C і температура в обсязі тіла не вище 50°C), легких (відповідно 250 і 150°C), середніх (600 і 350°C), важких (1000 і 600°C) і надважких (понад 1000 і понад 600°C) умов експлуатації; працюють в умовах сухого тертя і у присутності мастильних рідин.

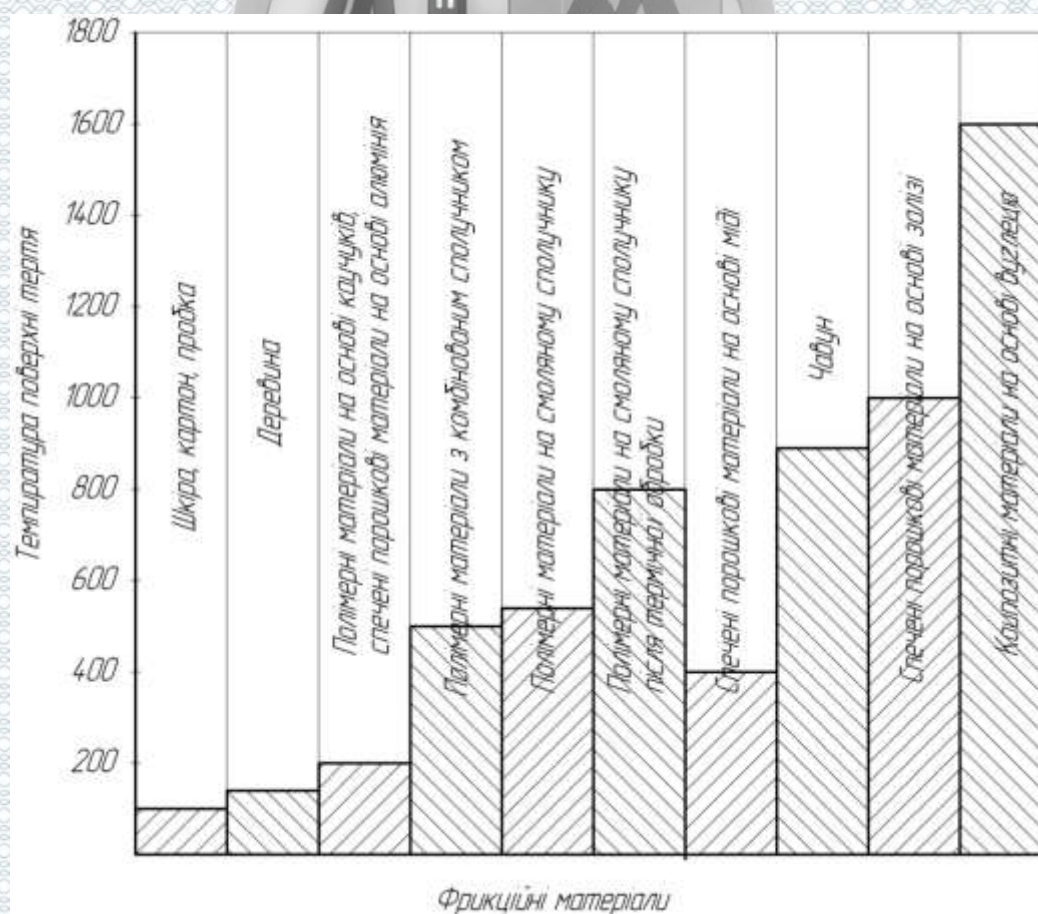


Рисунок 1.22 – Допустимі значення середньої температури поверхні тертя для різних матеріалів

Види й характеристика деяких фрикційних матеріалів, що застосовуються у вузлах тертя, зокрема й у зчепленнях автомобіля, подані на рис. 1.22.

1.6 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень

Як підсумок, сформулюємо переваги та недоліки сучасних автоматичних коробок перемикання передач у вигляді таблиці 1.5 [5].

Таблиця 1.5 - Переваги та недоліки сучасних автоматичних коробок перемикання передач

Вид АКПП	АКПП з гідротрансформатором	Роботизована АКПП	Роботизована АКПП з двома зчепленнями	Варіатор
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> - висока надійність і довговічність конструкції; - простота керування; - високий рівень комфорту; - автомобіль може легко адаптуватися до режиму водіння. 	<ul style="list-style-type: none"> - простота в керуванні; - ККД на рівні з механічною КПП; - можливість обирати режим роботи. 	<ul style="list-style-type: none"> - має характеристики механічної коробки передач і поєднує їх з комфортом і зручністю автоматичної коробки передач; - високі динамічні показники; - плавність перемикання передач; - високий ККД; - високий рівень комфорту; - можливість обирати режим роботи трансмісії; - перемикання відбувається без втрати потужності. 	<ul style="list-style-type: none"> - здійснюється безперервна передача крутного моменту; - найвищий ККД; - високі динамічні показники роботи; - високий рівень комфорту керування автомобілем; оптимальна паливна ефективність; - ефективне використання потужності двигуна за рахунок максимальної корисності навантаження ходової частини з частотою обертання колінчастого валу.
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> - низький, порівняно з іншими КПП ККД; - низькі динамічні показники; - більш високі витрати на технічне обслуговування; - більш висока витрата палива. 	<ul style="list-style-type: none"> - затримки при перемиканні (великий час перемикання передач (до 2 с), що призводить до провалів і ривків у динаміці автомобіля і знижує комфорт від керування транспортним засобом). 	<ul style="list-style-type: none"> - має фіксовану кількість передач, трансмісія не завжди дозволяє підтримувати найкращу частоту обертання двигуна; - висока вартість; - більша вага порівняно зі звичайною механічною КПП; - дороге обслуговування. 	<ul style="list-style-type: none"> - обмеження щодо передачі крутного моменту; - порівняно низький ресурс (з клінопасовою передачею). - висока технологічна складність конструкції; - дороге обслуговування.

У першому розділі роботи проаналізовано вимоги до сучасних КПП, будову й конструктивні особливості АКПП, зокрема гідромеханічних, роботизованих, роботизованих з двома зчепленнями (сухим і мокрым), варіаторів; види й характеристика зчеплень АКПП; охарактеризовані недоліки і переваги АКПП порівняно зі звичайною механічною КПП та у співставленні між собою.

Викладений матеріал першого розділу дозволив сформулювати наступні завдання досліджень:

- виконати науково-технічне обґрунтування покращення обслуговування автоматичних коробок перемикання передач в умовах станції технічного обслуговування ФОП «Плужник Володимир Миколайович» ;
- провести дослідження показників роботи станції технічного обслуговування та експлуатаційних характеристик сучасних автоматичних коробок перемикання передач, які обслуговуються;
- виконати математичне моделювання роботи фрикційних муфт зчеплення роботизованих коробок перемикання передач з двома зчепленнями;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- провести розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень.

РОЗДІЛ 2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СУЧАСНИХ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ,
ЯКІ ОБСЛУГОВУЮТЬСЯ НА СТО**

2.1 Прогнозування кількості автомобілезайздів в рік на СТО методом простої екстраполяції

З метою моделювання зміни величини попиту (прогнозування) на кількості автомобілезайздів в рік на СТО можна запропонувати метод арифметичного складання двох функцій. Цей метод дуже простий і не потребує спеціальної підготовки. Вихідні дані для прогнозування взято на СТО (таблi 2.1).

Таблиця 2.1– Вихідні дані для прогнозування

Рік	2016	2017	2018	2019	2020
Автомобілезайзди, тис. в рік	0,89	1,05	1,1	1,3	1,45

Далі складаємо динамічний ряд і показники вписуються в перші три графи таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення параметрів рівняння

Роки	Час t , роки	Автомобілезайзди y_t , тис. в рік	t^2	t_{y1}	y_t^2	$a_1 \cdot t$	\bar{y}_t	$y_t - \bar{y}_t = \varepsilon_t$	ε_t^2
2016	1	0,89	1	0,884	0,781	0,134	0,888	-0,004	0,884
2017	2	1,05	4	2,12	1,124	0,267	1,022	0,039	1,06
2018	3	1,1	9	3,336	1,237	0,401	1,155	-0,043	1,112
2019	4	1,3	16	5,1	1,626	0,534	1,289	-0,014	1,275
2020	5	1,45	25	7,22	2,085	0,668	1,422	0,022	1,444
Σ	15	5,775	55	18,66	6,852	2,003	5,775	$9,992 \times 10^{-16}$	0,004014

Тепер виконуються допоміжні обчислення для визначення значень параметрів апроксимуючого рівняння методом найменших квадратів (для кожного року) і заповнюються інші графи табл. 2.1. Розраховується коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{n \sum ty_t - \sum y_t \sum t}{\sqrt{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0.989 \quad (2.1)$$

Обчислюються значення параметрів рівняння a_1 і a_0 :

$$a_1 = \frac{n \sum ty_t - \sum y_t \sum t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2} = 0.1335 \quad (2.2)$$

$$a_0 = \frac{\sum y_t - a_1 \sum t}{n} = 0.7545$$

Визначається середньоквадратична похибка:

$$\delta_{\varepsilon_t} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y}_t)^2}{n - p}} = \sqrt{\frac{0.0777}{5 - 1}} = 0.0317 \quad (2.3)$$

де n - число рівнів динамічного ряду;

p - порядок рівняння, що описує тренд.

Складається прогноз перевезень на розрахункові строки й встановлення мінімального й максимального його рівня (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Прогноз перевезень на розрахункові строки

Рік	$\bar{y}_t = a_0 + a_1 \cdot t$	$\bar{y}_t + \sigma_{\varepsilon_t} = y_1 \max$	$\bar{y}_t - \sigma_{\varepsilon_t} = \bar{y}_t \min$
2021	$0.7545 + 0.1335 \cdot 6 = 1.556$	1,587	1,524

Отримані результати наносяться на графік (рис. 2.1) і проводиться логічна перевірка правильності розрахунків.

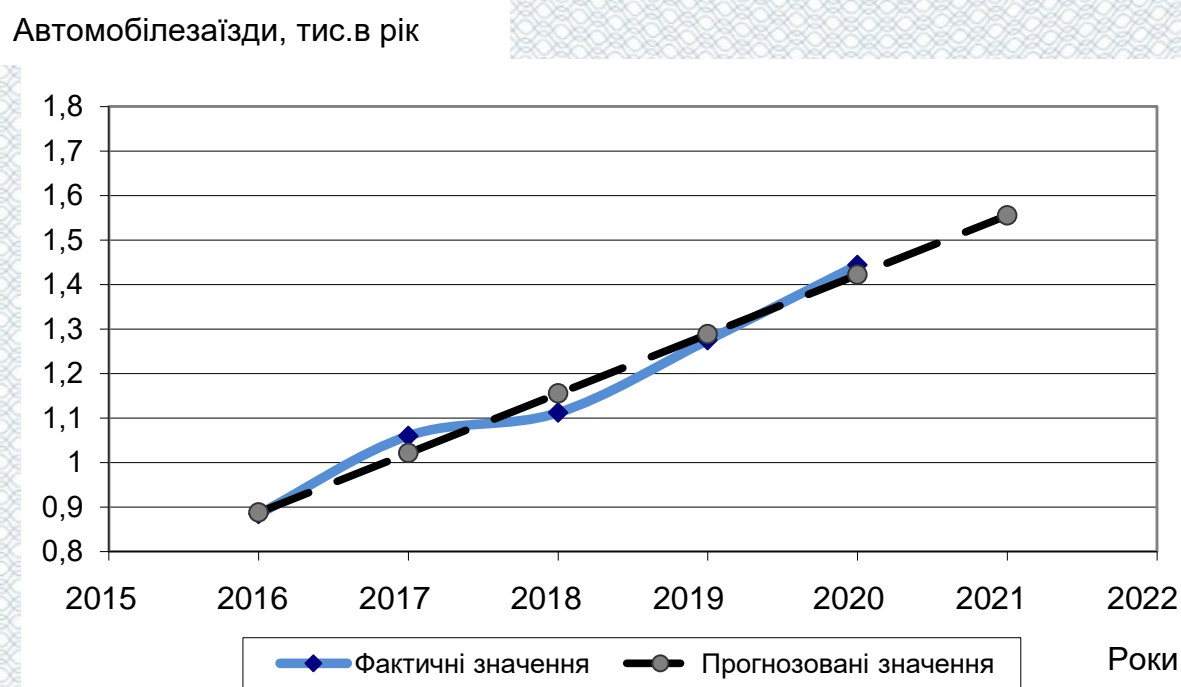


Рисунок 2.1 – Прогнозування методом простої екстраполяції

2.2 Прогнозування кількості автомобілезайздів в рік на СТО методом експонентного згладжування

Обчислення оцінки невідомих параметрів моделей дозволяють отримати залежності, які відповідають однаково добре (з погляду вибраного критерію) всім даним, які є про процес. Знову складається динамічний ряд, будується його графічне зображення, вибирається апроксимуюче рівняння $y = a_0 + a_1t$, знаходяться значення параметрів цього рівняння, визначається розрахункова величина y_t для кожного року й знаходиться середньоквадратична похибка, тобто повністю заповнюється таблиця 2.4.

Тепер обчислюється параметр згладжування α . Автор методу експоненціального згладжування англійський вчений Р.Г. Браун рекомендує таку формулу для розрахунку α :

Таблиця 2.4– Вихідні дані для визначення кількості автомобілезайздів в рік

Роки	Час t , роки	Автомобілезайзди y_t , тис. в рік	t^2	t_{y1}	y_t^2	$a_1 \cdot t$	\bar{y}_t	$y_t - \bar{y}_t = \varepsilon_t$	ε_t^2
2016	1	0,89	1	0,884	0,781	0,134	0,888	-0,004	0,884
2017	2	1,05	4	2,12	1,124	0,267	1,022	0,039	1,06
2018	3	1,1	9	3,336	1,237	0,401	1,155	-0,043	1,112
2019	4	1,3	16	5,1	1,626	0,534	1,289	-0,014	1,275
2020	5	1,45	25	7,22	2,085	0,668	1,422	0,022	1,444
Σ	15	5,775	55	18,66	6,852	2,003	5,775	$9,992 \times 10^{-16}$	0,004014

$$\alpha = \frac{2}{m+1} \quad (2.4)$$

де m - число рівнів, що входять в інтервал прогнозування.

Для прогнозу $m = 5$.

$$\alpha = \frac{2}{m+1} = \frac{2}{5+1} = 0.33.$$

Вихідні дані для визначення параметрів рівняння наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5– Вихідні дані для визначення параметрів рівняння

Роки	Автомобілезайзди y_t , тис. в рік	$S_{t-1}^{[1]}$	$S_{t-1}^{[2]}$	a_0	a_1	y_{t+1}
2016	0,89	0,48	0,21	0,75	0,13	0,89
2017	1,05	0,62	0,35	0,89	0,13	1,02
2018	1,1	0,76	0,48	1,04	0,14	1,18
2019	1,3	0,88	0,61	1,14	0,13	1,27
2020	1,45	1,01	0,74	1,27	0,13	1,40

Для кожного року визначаються експонентні середні:

$$S_{(t)}^{[1]}(y) = 0.67y_{t-1} + 0.33S_{t-1}^{[1]}(y); S_{(t)}^{[2]}(y) = 0.67S_{t-1}^{[1]}(y) + 0.33S_{t-1}^{[2]}(y) \quad (2.5)$$

Оскільки згідно з формулами (1.13) неможливо розрахувати $S_{(t)}^{[1]}$ і $S_{(t)}^{[2]}$ при $t=1$, то для 1-го елемента, тобто $t=1$, визначаються початкові умови за формулами:

$$S_{(t)}^{[1]}(y) = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1; S_{(t)}^{[2]}(y) = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 \quad (2.6)$$

В формулах (1.14) a_0 і a_1 відповідають коефіцієнтам рівняння часового тренду, що був одержаний методом найменших квадратів.

Розраховуються значення коефіцієнтів:

$$a_0 = 2S_{(t)}^{[1]}(y) - S_{(t)}^{[2]}(y), a_1 = S_{(t)}^{[1]}(y) - S_{(t)}^{[2]}(y). \quad (2.7)$$

Всі показники вносяться в табл. 1.11.

Визначається похибка прогнозу

$$\sigma_{y_{t+l}} = \sigma_{\varepsilon_1} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} [1 + 4(1-\alpha) + 5 \cdot (1-\alpha)^2 + 2 \cdot \alpha(4-3 \cdot \alpha) \cdot p + 2 \cdot \alpha^2 \cdot p^2]}; \quad (2.8)$$

$$\sigma_{\varepsilon_1} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y})^2}{m-1}},$$

де p - величина горизонту прогнозу;

$$\delta_{y_{t+l}} = \sqrt{\frac{0.0777}{5-1}} \cdot \sqrt{\frac{0.33}{(2-0.33)^3} [1 + 4(1-0.33) + 5 \cdot (1-0.33)^2 + 2 \cdot 0.33(4-3 \cdot 0.33) \cdot 1 + 2 \cdot 0.33^2 \cdot 1^2]} = 0.0766$$

Розраховуються прогнозні рівні й установлюються максимальні й мінімальні їх межі (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 - Прогнозовані значення автомобілезайдів на 2021 рік, тис/рік

Рік	\bar{y}_{t+1}	$\sigma_{y_{t+1}}$	$\bar{y}_{t+1} \text{ max}$	$\bar{y}_{t+1} \text{ min}$
2021	1,54	0,0766	1,64	1,48

Результати розрахунків наносяться на графік (рис. 2.2).

Автомобілезайди, тис. в рік

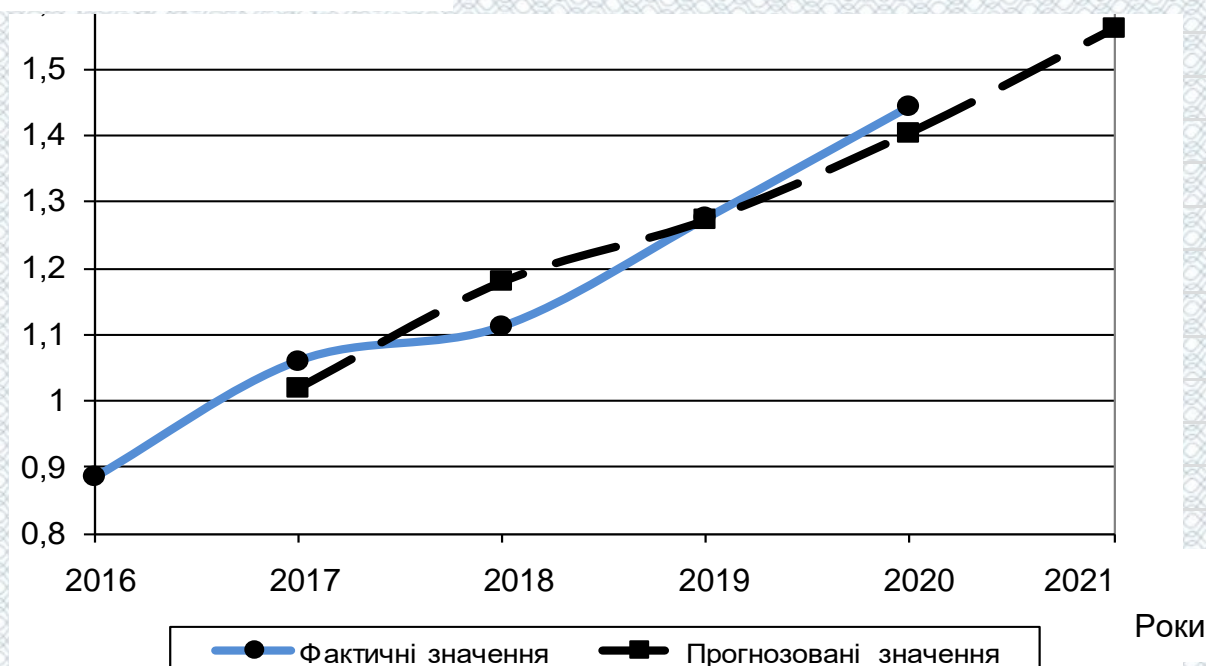


Рисунок 2.2 – Прогнозування методом експонентного згладжування

Висновки: для розрахунків в результаті моделювання (прогнозування) вибираємо значення отримане за точнішим методом експонентного згладжування на 2021 рік – 1,54 тис. автомобілезайздів в рік на СТО. Розрахуємо загальну трудомісткість робіт по ТО та ПР по прогнозованим значенням автомобілезайздів на 2021 рік на СТО.

2.3 Визначенн загальної трудомісткості робіт на СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович»

Отже, загальна трудомісткість автомобільних послуг для проведення всього комплексу робіт з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автомобілів певної марки може бути оцінена за представленою нижче залежністю (1.14). Загальну трудомісткість робіт по ТО та ПР на 1000 км пробігу, як правило, можна знайти в технічній документації фірми-виробника автомобілів, або в разі відсутності такої інформації, прийняти орієнтовно за існуючою таблицею трудомісткостей [6].

$$T_{\Sigma} = A_j \times L_{p,j} \times t_{rj} / 1000, \text{ люд.год./рік}, \quad (2.9)$$

де A_j - кількість автомобілів, які обслуговуються на СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» за рік;

$L_{p,j}$ - середній річний пробіг одного автомобіля, км,

t_{rj} - середня трудомісткість робіт по ТО та ремонту для одного автомобіля, людиногодин/1000 км.

Визначимо складові параметри формули 1.16 для визначення потенційної ємності сегменту.

Отже перейдемо до визначення кількості автомобілів A_j , які обслуговуються на СТО.

В пункті 2.1. було визначено, що для подальших розрахунків будемо використовувати прогнозоване значення кількості автомобілезайдів в рік на СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» на 2021 рік, яке становить 1,54 тис. автомобілезайдів в рік. Для приватних легкових автомобілів середній річний пробіг одного автомобіля $L_{p,j} \approx 9000$ км. Враховуючи специфіку роботи СТО і те, що СТО виконує не весь перелік стандартних операцій при проведенні ТО і Р, а обмежений перелік послуг (не більше 70%), менший від кількості операцій з ТО і Р, то приймаємо середню трудомісткість робіт для даного СТО по ТО та ремонту t_{rj} для одного автомобіля 2,0 люд.год. Тоді:

$$T_{\Sigma} = 1540 \times 9000 \times 2,0 / 1000 = 27720 \text{ люд.год./рік}$$

Отже загальна трудомісткість робіт складає 27720 люд.год./рік.

Враховуючи ріст автомобілезайдів на 2021 рік необхідно розширити спектр послуг, які надаються СТО. Проаналізувавши послуги конкурентів було визначено що саме шиноремонтна дільниця СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» не має конкурентів і здатна обслуговувати зростаючу кількість клієнтів.

Тому пропонується модернізувати обладнання на шиноремонтній дільниці, а саме стенд для правки колісних дисків, що дасть змогу СТО отримати нових клієнтів за рахунок надання якісних послуг. Таким чином в проекті необхідно виконати технологічне проектування шиноремонтної дільниці.

2.4 Технологічне проектування станції технічного обслуговування

СТО, що розглядається, є вузькоспеціалізованим і виконує лише конкретні роботи з ТО і ремонту, які займають свій сегмент ринку надання автосервісних послуг і не дублюють роботи, що виконують конкуренти і можуть бути виконані на існуючій виробничо-технічній базі СТО.

Перелік робіт, які виконує СТО: заміна автомобільного скла; ТО та ремонт систем живлення бензинових двигунів; ТО та ремонт електрообладнання; шиномонтажні, шиноремонтні роботи.

Виходячи з цих робіт і виконаємо розрахунки виробничих потужностей СТО, які розпочинаються з розподілу обсягів робіт. Для цього необхідно визначити кількість постів.

Загальна кількість постів. Кількість постів у першому наближенні (остаточна кількість постів визначається у подальшому при розрахунку їх за видами робіт) визначається за формулою:

$$X = T_{\Sigma n} \times k_n / D_p \times n \times t_{zm} \times p \times k_g \quad (2.10)$$

де k_n - коефіцієнт нерівномірності завантаження постів рекомендується приймати для попередніх підрахунків $k_n=1,1$;

D_p - кількість робочих днів на рік - 255;

n - кількість змін роботи на добу - 1;

t_{zm} - тривалість зміни – 10 год.;

p - чисельність одночасно працюючих на одному посту робітників, рекомендується для попередніх підрахунків приймати середнє значення для різних типів робочих постів $p=1,8$;

κ_6 - коефіцієнт використання робочого часу поста, рекомендується приймати для попередніх розрахунків $\kappa_6 = 0,93$;

$T_{\Sigma n}$ - трудомісткість постових робіт визначається за формулою:

:

$$T_{\Sigma n} = T_{\Sigma} \times \% / 100, \text{ люд.год.} \quad (2.11)$$

де % - відсоток робіт, що припадає на робочі пости;

T_{Σ} - загальна трудомісткість робіт по ТО і Р - 27720 люд.год./рік (п. 2.3).

Відмітимо, що оскільки кількість постів ще невідома, то для розрахунків візьмемо середнє значення (65 %).

Для визначення кількості постів, попередньо визначаємо трудомісткість постових робіт:

$$T_{\Sigma n} = 27720 \cdot 65 / 100 = 18018 \text{ (люд.-год.)},$$

$$X = 18018 \cdot 1,1 / (255 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1,8 \cdot 0,93) = 4,44.$$

Отже приймаємо поки що $X = 4$ поста.

Далі можна провести розподіл обсягу робіт за видами, знаючи кількість постів СТОА.

Розподіл обсягів робіт.

Загальну трудомісткість робіт по станції (27720 люд.год.) поділимо саме за видами робіт, які на СТО виконуються.

Результат заносимо до таблиці 2.7.

Річний обсяг допоміжних робіт. Він визначається як певна доля робіт загального річного обсягу робіт по СТО. Обсяг допоміжних робіт, як правило, складає:

Таблиця 2.7 – Розподіл робіт за місцем їх виконання

Види робіт	Розподіл обсягу робіт (T_{Σ})			
	На робочих постах ($T_{\Sigma n}$)		на виробничих дільницях	
	%	люд-год	%	люд-год
Діагностичні в електротехнічному відділенні	2	554	0	0
Електротехнічні	15	4158	3	832
Ремонт АКПП	10	2772	3	832
Шиномонтажні	17	4712	25	6930
Ремонт вузлів і агрегатів	21	5821	0	0
Слюсарно-механічні	-	0	4	1108
Всього	65	18018	35	9702

- обсяг допоміжних робіт для СТО (до 10 постів) - 30 %;
- обсяг допоміжних робіт для СТО (від 11 до 30 постів) - 25 %;
- обсяг допоміжних робіт для СТО (для СТО більше 30 постів) - 20 %.

Так як маємо, що за попередніми розрахунками кількість постів менша 10, саме тому обсяг допоміжних робіт визначається як відсоткова (27%) частка від загальної трудомісткості:

$$T_d = 27720 \cdot 0,27 = 7650 \text{ люд.год.}$$

Сформований розподіл допоміжних робіт заносимо до таблиці 2.2.

Річний обсяг робіт з самообслуговування. З наведених у таблиці 2.2 видів робіт розглянемо роботи з самообслуговування. Трудомісткість графі 3 визначаємо як процентні частки графі 2.

Тк як в нашому випадку трудомісткість робіт з самообслуговування менша 10 тис. людино-годин на рік, нам необхідно їх об'єднати з роботами основного виробництва. У такому разі роботи з самообслуговування розподіляють за видами у відповідності з ОНТП-01-91 як наведено у таблиці 2.3.

Власне далі вже виконуємо об'єднання за роботами з самообслуговування та спорідненими дільничними роботами. При цьому користуємося таблицями 2.7, 2.8 та 2.9. Вже в таблицю 2.10. вносимо результати проведеного об'єднання.

Таблиця 2.8 - Розподіл допоміжних робіт

Види робіт	Розподіл робіт, %	Трудомісткість, люд-год.
1	2	3
Роботи з самообслуговування:		
- ремонт та обслуговування технологічного обладнання, оснастки та інструменту;	25	1912,5
- ремонт та обслуговування інженерного обладнання, мереж та комунікацій;	20	1530
- обслуговування компресорного обладнання	10	765
Перегін автомобілів	10	765
Приймання, зберігання і видача матеріальних цінностей	20	1530
Прибирання приміщень і території	15	1147,5
Разом	100	7650

Таблиця 2.9 – Розподіл робіт з самообслуговування

Види робіт	Розподіл робіт, %	Трудомісткість, люд-год
Електротехнічні	35	1472,625
Механічні	10	420,75
Слюсарні	16	673,2
Трубопровідні (слюсарні)	23	967,725
Ремонтно-будівельні	16	673,2
Разом	100	4207,5

Таблиця 2.10 – Об'єднання споріднених робіт

Основні роботи на дільницях (за табл. 2.1)		Роботи з самообслуговування (за табл. 2.3)		Загальний обсяг, люд-год
Види робіт	Обсяг, люд·год	Види робіт	обсяг, люд·год	
Електротехнічні	765	Електротехнічні	1472,625	2237,625
Слюсарно-механічні	1020	Механічні Слюсарні Трубопровідні	673,2	1693

Таким чином отримаємо нову таблицю розподілу трудомісткості робіт по станції (табл. 2.11) все ж з урахуванням робіт з самообслуговування.

Знаючи обсяги постових робіт, наведених у таблиці 2.6 або 2.8 знаходимо кількість постів по кожному виду роботи за формулою (2.12).

Так, наприклад, для шиноремонтних робіт розрахункова кількість постів

Таблиця 2.11 – Розподіл робіт з урахуванням робіт з самообслуговування

Види робіт	Розподіл обсягу робіт за місцем їх виконання	
	на робочих постах	на виробничих дільницях
	люд-год	люд-год
Діагностичні в електротехнічному відділенні	510	0
Електротехнічні	3825	2237,625
Ремонт АКПП	2550	765
Шиномонтажні	4335	6375
Ремонт вузлів і агрегатів	5355	0
Слюсарно-механічні	0	1693
Всього	16575	11070,625

$$X = 4335,5 \cdot 1,12 / (255 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 0,93) = 1,36.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 - Кількість постів за видами робіт

Види робіт	Кількість постів	
	Розрахункова	Після групування та заокруглення
Шиномонтажні	1,36	1
Діагностичні в електротехнічному відділенні	0,16	1
Електротехнічні	1,2	
Ремонт АКПП	0,8	1
Ремонт вузлів і агрегатів	1,48	1
Всього	5,2	4

Тепер за остаточну кількість постів (потужність) СТОА приймається така, що одержана розрахунками за таблицею 2.12, тобто 4.

У нашому випадку, на міських СТО обов'язково мають бути передбачені пости миття автомобілів. Кількість постів для миття визначається за формулою:

$$X_{\text{цo}} = (N_{\text{д}} \times \varphi_{\text{цo}}) / (T_{\text{об}} \times A_{\text{у}} \times \eta), \quad (2.12)$$

де $\varphi_{\text{цo}}$ - коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на дільницю прибирально-мийних робіт, $\varphi_{\text{цo}} = 1,1 - 1,5$;

$T_{\text{об}}$ - тривалість роботи прибирально-мийної дільниці, 10 год. ;

η - коефіцієнт використання робочого часу поста, $\eta = 0,85-0,9$;

$A_{\text{у}}$ - продуктивність мийної установки, $A_{\text{у}} = 10-25$ авт. на годину;

$N_{\text{д}}$ - кількість автомобілів, які заїжджають на СТОА щодобово, визначалась на етапі маркетингових досліджень при розрахунках загальної трудомісткості робіт (потужності станції) у розділі 1. Тоді:

$$X_{\text{цo}} = (5 \cdot 1,5) / (10 \cdot 10 \cdot 0,89) = 0,08,$$

Приймаємо, що для даного СТО пости для миття відсутні.

Саме пости приймання та видачі автомобілів, контроль після ТО і Р, включають у себе допоміжні пости. Загальна кількість допоміжних постів повинна дорівнювати 0,25...0,5 кількості робочих постів. Кількість постів приймання:

$$X_{\text{np}} = N_{\text{зд}} \times \varphi / (T_{\text{nm}} \times A_{\text{np}}) \quad (2.13)$$

де φ - коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів, $\varphi = 1,1 \dots 1,5$;

T_{np} - тривалість роботи зони приймання автомобілів, 10 годин ;

A_{np} - пропускна здатність поста приймання автомобілів, 2...5 авт.наё годину.

$N_{\text{зд}} = 5$ - добова кількість заїздів на СТО.

$$X_{np} = 5 \cdot 1,5 / (10 \cdot 5) = 0,15,$$

Приймаємо, що для даного СТО допоміжні пости відсутні.

Далі йде розрахунок кількості робітників. Саме на виробничих, допоміжних, інженерно-технічний персонал, службовців, молодший обслуговуючий персонал та працівників пожежно-сторожової охорони поділяються усі робітники на СТОА.

До виробничих робітників належать робітники зон та дільниць, які безпосередньо виконують роботи з ТО та Р автомобілів. Розрахунок кількості технологічно необхідних робітників для місць, де роботи виконуються на постах та місць, де роботи виконуються на дільницях проводиться різними способами.

Кількість технологічних робітників у підрозділах, де роботи виконуються на постах, визначається як добуток кількості робітників на одному посту p_n прийнятий при розрахунку постів, на кількість робочих постів X_n (таблиця 3.6). При цьому треба врахувати кількість змін роботи n :

$$P_{mn} = X_n \times p_n \times n, \quad (2.14)$$

Так для поста кількість технологічних робітників:

$$P_{mn} = 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,5 .$$

Результати розрахунків за формулою (2.14) проводимо з урахуванням даних, використаних у попередньому параграфі і вносимо до таблиці 2.15.

Визначаємо технологічну кількість виробничих робітників для дільниць:

$$P_{m\partial i} = T_i / \Phi_{mi} \quad (2.15)$$

де $P_{m\partial i}$ - кількість технологічних робітників на i -тій дільниці;

T_i - трудомісткість робіт на i -тій дільниці вибираємо за таблицею 2.5 (роботи з самообслуговування додані до виробничих робіт), люд-год;

Φ_{mi} - фонд річний робочого часу технологічного робітника на I-тій ділянці, годин.

У практиці проектування для розрахунків технологічно необхідної кількості робітників річний фонд часу Φ_{mi} – 1830 год. для фарбувальників та $\Phi_{mi} = 2070$ год. для всіх інших фахів [1].

Так, наприклад, для електротехнічної ділянки за формулою (2.7) та за даними таблиці (2.5) маємо:

$$P_{mdi} = 2237,625/2070 = 1,08 \text{ (роб.)},$$

Приймаємо $P_{mdi} = 1$. Результати розрахунків за формулою (2.15) заносимо до таблиці 2.7.

Тепер за формулою визначаємо кількість штатних робітників:

$$P_{wi} = P_{mi} / \eta_{wi} \quad (2.16)$$

де η_{wi} - коефіцієнт штатності, який визначається як відношення ефективного річного фонду часу робітника до його номінального річного фонду, $\eta_{wi} = 0,9$.

Варто провести групування ділянок у самій таблиці 2.13, якщо кількість робітників на деяких ділянках виявиться дуже низькою (до 3-х чоловік).

Розрахунок кількості допоміжних робітників.

Слід відмітити - роботи з самообслуговування вже частково розглядалися. Тепер оскільки частка трудомісткості, що припадає на допоміжні роботи становить 7650 люд.год., то кількість допоміжних робітників знаходимо за формулою (2.16).

Отже проведемо розрахунок кількості допоміжних робітників:

$$P_{op} = 7650/2070 = 3,7,$$

Приймаємо $P_{op} = 4$ (роб.).

Таблиця 2.13 – Кількість виробничих робітників

Види робіт	Дільниці		Пости	
	техноло-гічна	штатна	техноло-гічна	штатна
Шиномонтажні	3	3	2	2
Діагностичні в електротехнічному відділенні	1	1		
Електротехнічні				
Ремонт АКПП	1	1		
Слюсарно-механічні	1	1	0	0
Всього	5	5	2	2

Розрахунок чисельності персоналу (табл 2.14). Чисельність персоналу інженерно-технічних працівників і службовців СТОА, молодшого обслуговуючого персоналу та пожежно-сторожової охорони приймається в залежності від розміру станції (кількості постів).

Таблиця 2.14 – Чисельність персоналу інженерно-технічних працівників і службовців

Найменування підрозділу	Чисельність персоналу
Загальне керівництво	1
Бухгалтерський облік і фінансова діяльність	1
Молодший обслуговуючий персонал	1
Пожежно-сторожова охорона	0
Всього	3

Територія СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» розташована по Сивокобиленка, 19, в м. Христинівка. Площа території СТО складає 1100м².

Виробничий корпус, що розглядається – це одноповерхова будівля прямокутної форми, яка побудована з металоконструкцій обшитих металевим профілем. Площа приміщення 372,5 м², висота 5м. Перекриття корпусу – металевий профіль.

Розміри корпусу: довжина – 28,65м., ширина - 13м.

Виробничий корпус має 2 пари воріт шириною 3м, висотою 3,8м та 4 вікна розмірами 2·1,5м. з дерев'яними рамами. Корпус забезпечений індивідуальним опаленням.

2.5 Аналіз масогабаритних параметрів і силових характеристик автоматичних коробок перемикання передач

Як відомо, зменшення маси автомобіля є істотним кроком до покращання його економічних і екологічних показників. Для порівняння візьмемо офіційні дані однотипних автомобілів з різними трансмісіями.

Для початку проведемо порівняльний аналіз автоматичної трансмісії з традиційною механікою. Істотним недоліком АКПП з гідротрансформатором є висока маса самої коробки, яка може сягати до 80 кг для легкових автомобілів середнього класу. Так, для порівняння візьмемо автомобілі концерну Volkswagen з механічною та автоматичною (Tiptronic) трансмісіями.

Дані для порівняння наведені у табл. 2.15, 2.16.

Таблиця 2.15 – Технічні характеристики автомобіля VW Passat B6

Модифікація	1.8 TSI MT Trendline	1.8 TSI AT Trendline
1	2	3
Ціна	від 26194 \$	від 28549 \$
Габарити		
Споряджена маса, кг	1414	1439
Повна маса, кг	2050	2070
Двигун		
Об'єм двигуна, см.куб.	1798	1798
Кількість циліндрів	4	4

Продовження таблиці 2.15

1	2	3
Система живлення	Безпосереднє впрорскування	Безпосереднє впрорскування
Наддув	Механічний нагнітач і турбонаддув	Механічний нагнітач і турбонаддув
Потужність, к.с.	160	160
Крутний момент, Нм	250	250
Вид палива	Бензин марки А-95	Бензин марки А-95
Трансмiсія		
Коробка передач	Механічна	Автоматична
К-сть передач	6	7
Тип		Tiptronic
Експлуатаційні показники		
Максимальна швидкість, км/год	220	215
Час розгону (0-100км/год), с	8,6	9
Розхід палива(міський цикл), л/100км	10,4	11,3
Розхід палива(змішаний цикл), л/100км	7,6	8,2
Розхід палива(заміський цикл), л/100км	6	6,4
Викиди вуглекислого газу, г/100км	156	164
Норма токсичності Еуро	Euro 5	Euro 5

З таблиці видно що динамічні й економічні (витрата палива) показники кращі в автомобіля з механічною трансмісією, маса автомобіля з автоматичною трансмісією більша на 25 кг, а ціна такого автомобіля вища на 2355 доларів США. Хоча, як було зазначено в попередніх розділах, комфорт їзди значно вищий на автомобілі, оснащеному АКПП, особливо це відчутно при їзді у великих містах, де часто відбувається перемикання передач.

Роботизовані КПП, такі як SensoDrive (Citroen), Durashift (Ford), за своїм принципом роботи нічим не відрізняються від звичайної механічної, от тільки роль

оператора, який роз'єднує зчеплення і перемикає передачі, виконує складна електроніка в парі зі сервоприводами. Не зважаючи на спорідненість конструкції, динамічні, економічні та екологічні показники цих КПП є доволі різними.

Таблиця 2.16 – Технічні характеристики автомобіля FORD Fusion

Модифікація	1,4(MT) Comfort	1,4(AT) Comfort
1	2	3
Ціна	14487 \$	15737 \$
Маса		
Споряджена маса, кг	1156	1167
Повна маса, кг	1605	1605
Двигун		
Об'єм двигуна, см.куб.	1388	1388
К-сть циліндрів	4	4
Система живлення	Безпосереднє впорскування	Безпосереднє впорскування
Наддув	-	-
Потужність, к.с.	80	80
Крутний момент, Нм	124	124
Вид палива	Бензин марки А-95	Бензин марки А-95
Трансмісія		
Коробка передач	Механічна	Автоматична (Роботизована)
Кількість передач	5	5
Тип	-	Durashift EST
Експлуатаційні показники		
Максимальна швидкість, км/год	163	164
Час розгону (0-100км/год), с	14	15,3
Витрата палива (міський цикл), л/100км	8,5	8

Продовження таблиці 2.16

1	2	3
Витрата палива (змішаний цикл), л/100км	6,5	6,2
Витрата палива (заміський цикл), л/100км	5,3	5,2
Викиди вуглекислого газу, г/100км	154	148
Норма токсичності Euro	Euro 4	Euro 4

З таблиці 2.16 видно, що динаміка автомобіля з механічною трансмісією дещо краща порівнянні з конкурентом, чого не можна сказати про витрату палива й викиди вуглекислого газу в атмосферу. Маса Durashift більша на 11 кг, вона й дорожча на 1250 доларів США.

Перша шестиступінчаста КПП DSG, яка пішла у виробництво для марок Volkswagen Group, з можливістю передавати крутний момент до 350 Нм і для автомобілів з колісною формулою 4×2, важила 93 кг.

Її наступниця - семиступінчаста КПП DSG з двома зчепленням складається з майже 400 деталей і важить при цьому всього 70 кг, що на 21 кг більше, ніж аналогічна механічна трансмісія. Визначним цей агрегат робить сухе, гідравлічно кероване зчеплення.

Крім інших конструктивних переваг така конструкція дозволяє, перш за все, істотно зменшити кількість необхідної трансмісійної оливи, адже тут вона використовується тільки для мащення шестерень і підшипників, але не для охолодження зчеплення.

Результат: більш високий ККД коробки передач і завдяки цьому знижена витрата палива. А різниця в тому, що у нові КПП використовуються два сухих зчеплення розроблені фірмою LuK Clutch Systems, і на відміну від шестисходиноквої DSG потребує лише 1,7 літрів трансмісійної оливи, проти 7 літрів. Для порівняння наведемо дані офіційних дилерів концерну Volkswagen, за приклад взято автомобіль VW Golf 6, комплектація автомобілів однакова, за винятком коробки перемикачів передач (див. табл. 2.17).

Як бачимо з таблиці аналогічний автомобіль з коробкою DSG має кращі показники не тільки динамічні, а й економічні та екологічні. Хоча, якщо звернути увагу на ціну такого автомобіля, то він коштуватиме на 1948 доларів США дорожче за свого конкурента.

Таблиця 2.17 - Технічні характеристики автомобіля VWGolf 6

Модфікація	1.4 MT TSI Comfortline (122)	1.4 AT TSI Comfortline (122)
1	2	3
Ціна	від 23761 \$	від 25709 \$
Маса автомобіля		
Споряджена маса, кг	1205	1226
Повна маса, кг	1805	1820
Двигун		
Об'ємд вигуна, см.куб.	1390	1390
Кількість циліндрів	4	4
Система живлення	Безпосереднє впорскування	Безпосереднє впорскування
Наддув	Механічний нагнітач і турбонаддув	Механічний нагнітач і турбонаддув
Потужність, к.с.	122	122
Крутний момент, Нм	200	200
Вид палива	Бензин марки А-95	Бензин марки А-95
Трансмісія		
Коробка передач	Механічна	Автоматична, роботизована
Кількість передач	6	7
Тип		DSG

Продовження таблиці 2.17

1	2	3
Експлуатаційні показники		
Максимальна швидкість, км/год	197	197
Час розгону (0-100км/год), с	9,5	9,2
Витрата палива(міський цикл), л/100км	8,2	7,7
Витрата палива(змішаний цикл), л/100км	6,2	6
Витрата палива(заміський цикл), л/100км	5,1	5
Викиди вуглекислого газу, г/100км	149	139
Норма токсичності Euro	Euro 5	Euro 5

Основною перевагою варіатора є плавна характеристика зміни передавального відношення трансмісії, така його властивість дозволяє досить динамічно набирати розгін в оптимальних умовах роботи двигуна. Для аналізу були взяті технічні характеристики автомобілів Audi A4 1.8 TFSI. З табл. 2.18 видно, що динаміка автомобіля з варіатором добра, але все ж таки поступається традиційній механіці, економічні показники теж дещо гірші, ніж у механічної трансмісії. Ціна автомобіля з аналогічною комплектацією, оснащеного варіатором типу Multitronic, вища на 2320 доларів США. Не менш важливо відзначити, що маса варіатора на 45 кг вища за масу механічної КПП.

Таблиця 2.18 – Технічні характеристики автомобілів Audi A4

Модфікація	1.8 TFSI	1.8 TFSI
1	2	3
Ціна	27720 \$	30040 \$
Маса		
Споряджена маса, кг	1410	1455

Продовження таблиці 2.18

1	2	3
Повна маса, кг	1960	2005
Двигун		
Об'єм двигуна, см.куб.	1798	1798
Кількість циліндрів	4	4
Система живлення	Безпосереднє впорскування	Безпосереднє впорскування
Наддув	Турбонаддув	Турбонаддув
Потужність, к.с.	160	160
Крутний момент, Нм	250	250
Вид палива	Бензин марки А-95	Бензин марки А-95
Трансмісія		
Коробка передач	Механічна	Варіатор
Кількість передач	6	—
Тип	—	Multitronic
Експлуатаційні показники		
Максимальна швидкість, км/год	225	210
Час розгону (0-100км/год), с	8,6	8,9
Витрата палива (міський цикл), л/100км	9,9	10,2
Витрата палива (змішаний цикл), л/100км	7,1	7,6
Витрата палива (заміський цикл), л/100км	5,5	5,9
Викиди вуглекислого газу, г/100км	156	162
Норма токсичності Euro	Euro 5	Euro 5

Оскільки порівняння всіх КПП проводились відносно механічної, то зведемо результати в одну таблицю - табл. 2.19.

У табл. 2.19 значком (+) відзначені показники вищі за аналогічні показники механічної КПП, а значком (-) - нижчі.

Таблиця 2.19 - Порівняльний аналіз автоматичних коробок перемикання передач

Характеристики	Типи коробок перемикання передач			
	Автоматична (Tiptronic)	Роботизована (Durashift)	DSG	Варіатор (Multitronic)
Динаміка	-	-	+	+
Маса	вища	вища	вища	вища
Економічні показники	-	+	+	-
Екологічні показники	-	+	+	-
Рівень комфорту при їзді	+	+	+	+
Ціна	дорожча	дорожча	дорожча	дорожча

З наведеної порівняльної таблиці можна бачити, що роботизована КПП з двома зчепленнями (зокрема, DSG) фактично за всіма показниками перевершує механічну, крім маси й ціни, але жодна з розглянутих вище КПП не змогла перевершити ці показники. Оптимальною на сьогодні для застосування у легкових автомобілях різних класів, на нашу думку, є роботизована КПП з двома зчепленнями.

2.6 Висновки до розділу 2

В результаті моделювання (прогнозування) двома методами одержано значення отримане за точнішим методом експонентного згладжування на 2021 рік – 1,54 тис. автомобілезайздів в рік на СТО.

З наведеної порівняльної таблиці (2.19) можна побачити, що роботизована КПП з двома зчепленнями (зокрема, DSG) фактично за всіма показниками перевершує механічну, крім маси й ціни, але жодна з розглянутих вище КПП не змогла перевершити ці показники. Автомобіль з коробкою DSG має кращі показники не тільки динамічні, а й економічні та екологічні.

Отже, можна зробити висновок: оптимальною на сьогодні для застосування у легкових автомобілях різних класів є роботизована КПП з двома зчепленнями.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ФРИКЦІЙНИХ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ДВОМА ЗЧЕПЛЕННЯМИ

3.1 Дослідження процесів вмикання і розмикання фрикційних муфт зчеплення

Отже фрикційні муфти можуть бути нормально розімкненими і нормально замкнутими. Останні застосовують значно рідше, ніж перші, коли потрібні лише короточасні вмикання (наприклад, в автомобілях, тракторах та ін.) У цьому випадку робочі поверхні муфти нормально стиснуті і примусово розмикаються лише при вмиканні [1]. Розглянемо процес вмикання фрикційної муфти першого виду (рис. 3.1). Ведучий вал обертається, ведений у цей момент нерухомий. Вмикання муфти відбувається притисненням контактних поверхонь одна до одної. При цьому сила й момент тертя між зчіпними деталями муфти зростає від нуля до деякого максимуму, що визначається найбільшим значенням передаваного крутного моменту. Коли момент тертя стане більшим за момент сил опору, зведеного до веденого валу, останній почне обертатися з деяким пришвидшенням до тих пір, поки швидкості обох частин приводу не зрівняються. Після цього обидва вали продовжують обертатися з однаковою кутовою швидкістю.

До встановлення однакової швидкості відбувається взаємне ковзання контактних поверхонь. При цьому робота тертя перетворюється в тепло і відбувається нагрівання робочих елементів муфти.

У процесі зчеплення слід розрізняти час зчеплення і час вмикання. Час вмикання муфти - це час наростання сили стискання (відповідно, моменту тертя) частин, які стискаються, від нуля до максимуму. Час зчеплення — це час, що відраховується від початку вмикання, за яке кутова швидкість веденого вала досягає швидкості ведучого вала. Залежно від конструкції муфти, величини переданого нею крутного моменту й моменту інерції зведених мас відношення часу вмикання до

часу зчеплення може змінюватися від величини, близької до нуля, до одиниці або навіть більше.

З достатньою для практики точністю приймають, що зусилля стискання контактних поверхонь і момент тертя в муфті пропорційні часу, що відраховується від початку вмикання. Це рівносильно припущенням про сталість коефіцієнта тертя на поверхнях, що труться і сталості швидкості включення муфти. При цьому допущенні залежність між моментом сил тертя і часом зображено на графіку ОАВС (рис. 3.2). На графіку позначені:

M_{max} - найбільший момент тертя в муфті, Нм;

M_c - момент сил опору, Нм;

M_m - поточна величина моменту тертя, Нм;

t - поточна величина часу, відраховується від початку вмикання муфти, с;

t_c - час за який момент M_T досягає значення M_c , с;

$t_{вкл}$ - час повного вмикання муфти, с;

$t_{зч}$ - час зчеплення муфти, с.

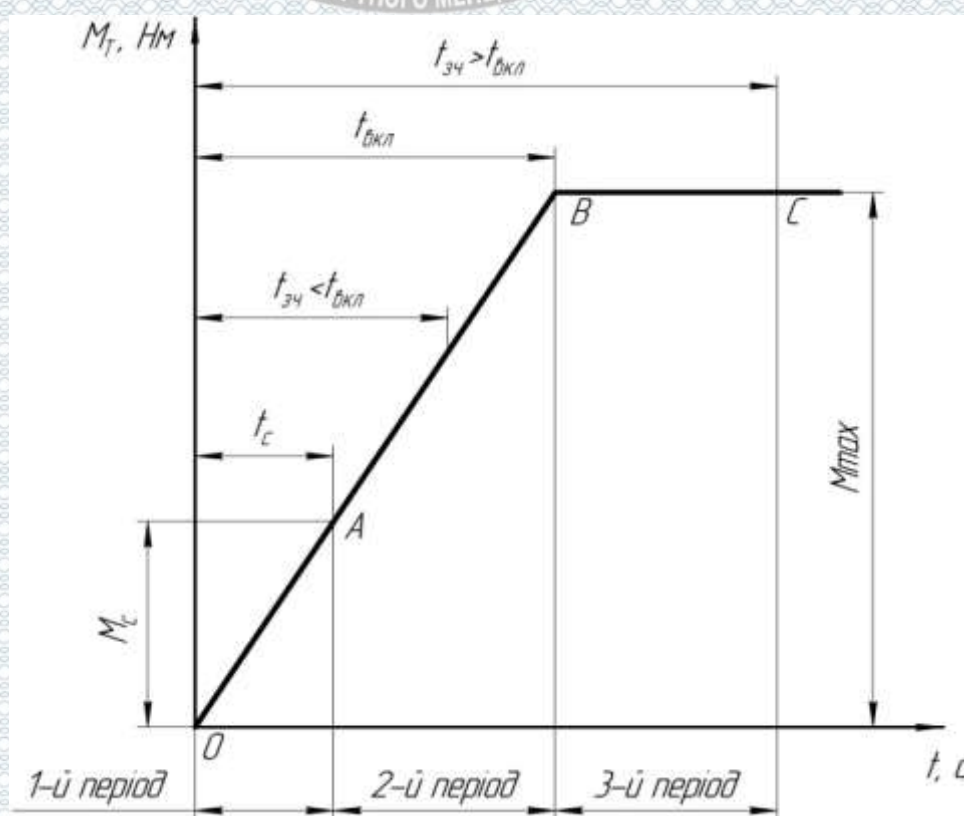


Рисунок 3.1 - Залежність крутного моменту M_m від часу в процесі вмикання муфти

Протягом першого періоду обертається тільки ведучий вал, ведений вал — нерухомий. Початком другого періоду є момент часу коли починає обертатися ведений вал. Якщо кутові швидкості ведучого і веденого валів не зрівнюються протягом другого періоду ($t_{зч} < t_{вкл}$), то розгін веденого вала продовжиться у третьому періоді ($t_{зч} > t_{вкл}$) доти, доки M_T не буде рівним M_{max} .

Вимикання муфти відбувається відводом у початкове положення натискного механізму, внаслідок чого тиск на контактних поверхнях муфти й момент тертя M_T падають до нуля.

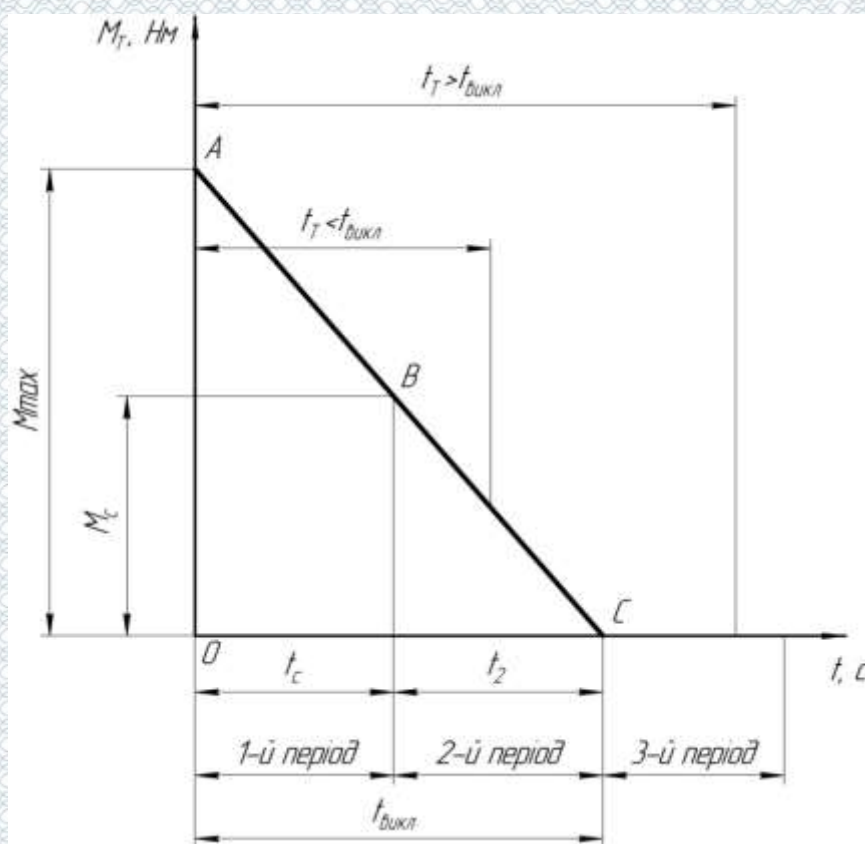


Рисунок 3.2 – Залежність крутного моменту M_m від часу в процесі вимикання муфти

У процесі вимикання муфти і гальмування веденого вала потрібно розрізнати три періоди (рис. 3.1). У першому періоді $M_T > M_c$ і обидва вали обертаються з однаковою кутовою швидкістю ω_d .

У другому періоді $M_T < M_C$ і швидкість веденого вала починає відставати від швидкості ведучого.

При цьому відбувається взаємне проковзування зчіпних елементів муфти, робота тертя перетворюється в тепло і муфта нагрівається. В залежності від величини моменту інерції J веденої частини, моменту опору M_C і спільної початкової швидкості ω_d , повне гальмування (зупинка) веденого вала можливе як у другому, так і в третьому періодах. У кінці другого періоду тиск на робочі елементи й момент тертя M_T рівні нулю.

Третій період – час після повного вимкнення муфти.

Отже, з проведеного аналізу процесів вмикання і розмикання фрикційних муфт зчеплення можна зробити такий висновок: якщо найбільший момент тертя M_{max} , що розвивається муфтою, менший за момент сил опору M_C , то муфта зчеплення буксуватиме. Необхідною умовою працездатності муфти зчеплення є $M_{max} > M_C$.

Однак забезпечення тільки цієї умови ще недостатньо для нормальної роботи зчеплення. Якщо різниця $M_{max} - M_C$ мала, то зчеплення матиме дуже великий період вмикання, а отже, й великі втрати на тертя (нагрівання). З іншого боку, необгрунтоване збільшення різниці моментів $M_{max} - M_C$ призведе до збільшення розмірів зчеплення і динамічних навантажень при пуску і гальмуванні.

Отже, оскільки в РКПП з двома зчепленнями перемикавання передач відбувається без розриву потоку потужності, то завжди існує період часу, коли одне зі зчеплень – саме те, що вмикається, пробуксовує, тому для обгрунтування їхніх конструктивних параметрів потрібно дослідити динаміку процесу пробуксовування фрикційних зчеплень у перехідних режимах роботи такої КПП.

3.2 Обгрунтування основних параметрів зчеплень

За базову модель при розрахунку основних параметрів зчеплень візьмемо автомобіль Volkswagen Golf 1.4 TSI, технічні характеристики якого наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики Volkswagen Golf 1.4 TSI

Параметри	Технічні дані
Двигун	Бензиновий, з безпосереднім впорскуванням пального, мехнічним нагнітачем та турбонаддувом
Розміщення	спереду, поперечно
Кількість циліндрів	4 в ряд
Робочий об'єм, см ³	1390
Максимальна потужність, кВт/об/хв	90/5000
Максимальний крутний момент, Нм/об/хв	200/1500-4000
Повна маса автомобіля, кг	1820
Передатні відношення (з урахуванням головної передачі)	
1	16,71
2	10,09
3	6,79
4	4,98
5	3,8
6	3,07
7	2,57
Задній хід	17,41

Для початку розрахуємо геометричні параметри накладок зчеплення. Розрахунок проводимо для двох комплектів зчеплення: К1 - зчеплення, яке керує вмиканням передач 1, 3, 5, 7; К2 - зчеплення, яке керує передачами 2, 4, 6, задній хід.

Зчеплення 1.

Розміри фрикційних накладок визначимо, знаючи їхню площу поверхонь тертя [1]:

$$A_n = 80B + M_{\text{отax}} * 10^{-3}(825 - M_{\text{отax}}) + 5,54 * N_{\text{д}} * 10^{-3} * (326 - N_{\text{д}}) + 37 * L_m * 10^{-3} * (343 - L_m * 10^{-3}), \quad (3.1)$$

де L_T – робота тертя пробуксовування;

B – коефіцієнт, який враховує тип і особливості експлуатації автомобіля (в нашому випадку $B=1$). Робота тертя пробуксовування

$$L_T = M_{дmax} * \frac{J_{п} * \omega_{нч}^2}{\frac{2}{3} * M_{дmax} - M_0} * \delta', \quad (3.2)$$

де $\delta' = 1,23$ - для двигунів Отто;

$$\omega_{нч} = \frac{\pi}{30} * \left(\frac{n_m}{3} + 1500 \right) = 296 \frac{рад}{с};$$

$J_n = m_a * r_{кол}^2 / (u_{кп} * u_0)^2$ - момент інерції автомобіля;

$M_0 = m_a * r_{кол} * f_c / (u_{кп} * u_0)$ - момент опору руху автомобіля.

$$J_{п} = 1820 * \frac{0,45^2}{16,7^2} = 1,3 \frac{кг}{м^2},$$

де $m_a = 1820$ кг - повна маса автомобіля;

$r_{кол} = 0,45$ м - радіус колеса;

$u_{кп}, u_0$ - відповідно передатні відношення КПП (перша передача) та головної передачі ($u_{кп} * u_0 = 16,7$ - на першій передачі);

$$M_0 = 1820 * 0,45 * \frac{0,018}{16,7} = 0,88 \text{ Нм},$$

де $f_c = 0,018$ - коефіцієнт опору дороги, який враховує опір коченню і підйому.

Тепер підставивши, знаходимо:

$$L_T = 200 \frac{1,3 * 296^2}{\frac{2}{3} * 200 - 0,88} * 1,23 = 211543,2 \text{ Дж.}$$

Знаючи роботу тертя пробуксовування, знаходимо площу поверхонь тертя фрикційних накладок, підставивши все у формулу (3.1):

$$A_{н} = 80 * 1 + 200 * 10^{-3} (825 - 200) + 5,54 * 10^{-3} * 90 * (326 - 90) + 37 * 10^{-7} * 211543,2 * (343 - 211543,2 * 10^{-3}) = 425,6 \text{ см}^2.$$

Зовнішній діаметр фрикційних накладок знаходиться за формулою [1]

$$D_3 = \sqrt{\frac{(A_H + A_G) * 1,27}{i * (1 - \lambda_H^2)}} * 10^{-2}, \quad (3.3)$$

де i - кількість пар поверхонь тертя ($i = 2$ - для легкових автомобілів); $\lambda_H = 0,67 \pm 0,07$ - для легкових автомобілів.

Тоді отримаємо

$$D_3 = \sqrt{\frac{(425,6 + 30) * 1,27}{2 * (1 - 0,67^2)}} * 10^{-2} = 0,229 \text{ м.}$$

Знаючи D_3 , можна визначити внутрішній діаметр фрикційних накладок [1]:



$$D_B = \lambda_H * D_3;$$

$$D_B = 0,67 * 0,229 = 0,153 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_3 = 215$ мм, $D_B = 145$ мм згідно зі стандартними розмірами [1].

Зусилля з яким потрібно притиснути диски для забезпечення передачі моменту $M_{дmax}$ з коефіцієнтом запасу β

$$P_{пр} = \frac{M_T}{R_T * f_T * i}, \quad (3.4)$$

де $R_T = \frac{1}{2} * (R_B + R_3)$ - радіус тертя;

f_T - коефіцієнт тертя;

$M_T = \beta * M_{дmax}$ - момент тертя зчеплення.

Підставляючи ці значення в (3.4), отримаємо

$$P_{\text{пр}} = \frac{280}{0,09 * 0,3 * 2} = 5185,2 \text{ Н.}$$

Для зчеплення К2 значення діаметрів фрикційних накладок приймаємо з конструктивних міркувань такими: $D_3 = 205 \text{ мм}$; $D_6 = 138 \text{ мм}$.

3.3 Побудова динамічної модель автоматичної коробки перемикання передач з двома зчепленнями на різних режимах роботи

У роботизованій КПП з двома зчепленнями крутний момент від двигуна передається по чергові на два первинні вали, що пов'язані з двома окремими вторинними валами, на яких розміщені шестерні, відповідно, непарних передач і заднього ходу, та парних передач. В усталеному режимі роботи РКПП, коли увімкнута одна з передач, потужність від двигуна передається на колеса автомобіля по одній з віток кінематичного ланцюга.

У момент перемикання передач одне зі зчеплень розмикається, а інше - вмикається, тому структурну схему РКПП з двома зчепленнями в момент перемикання фрикційних муфт подамо у вигляді замкнутої механічної системи (рис. 3.3).

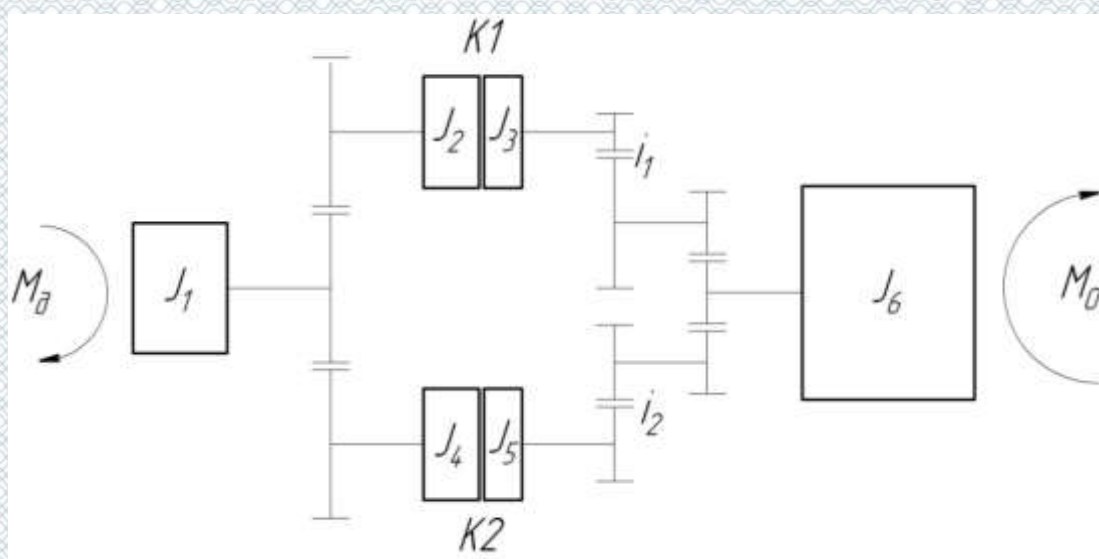


Рисунок 3.3 – Структурна схема трансмісії з РКПП з двома зчепленнями у перехідному режимі роботи

На рис. 3.3. позначено: M_d, M_0 - відповідно крутний момент двигуна та момент опору руху автомобіля; J_1, J_2, \dots, J_6 - моменти інерцій мас системи, i_1, i_2 - передатні відношення першої та другої передач.

Вважатимемо, що в режимі перемикування передач (крім вмикання першої передачі) в зачепленні, оскільки така РКПП є преселективною, перебувають одночасно чотири зубчастих колеса - увімкнені одночасно дві передачі, які з'єднують вторинні вали КПП з валом головної передачі й диференціалом, а фрикційні муфти зчеплення при цьому можуть пробуксовувати. Тоді динамічну модель РКПП з двома зчепленнями можна подати у вигляді розгалуженої шестимасової пружно-коливальної системи (рис. 3.4).

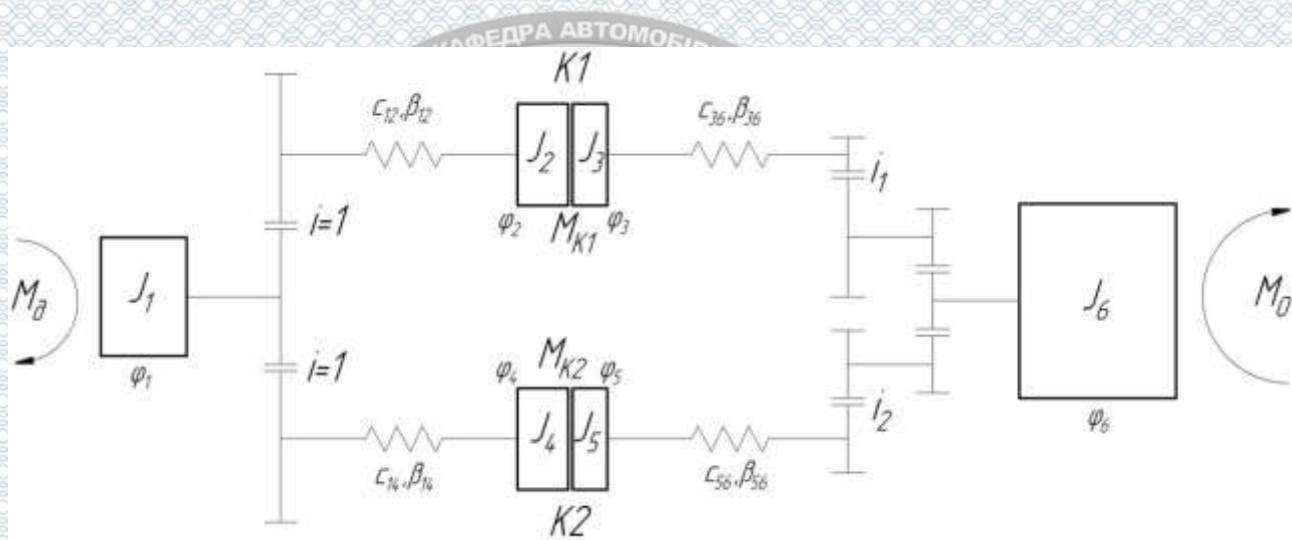


Рисунок 3.4 – Динамічна модель трансмісії з РКПП з двома зчепленнями у перехідному режимі роботи

На рис. 3.4 позначено: J_1, \dots, J_6 - зведені моменти інерції ланок приводу; M_d - крутний момент двигуна; M_0 - момент опору; $c_{12}, c_{14}, c_{36}, c_{56}$ - зведені жорсткості ланок приводу; $\beta_{12}, \beta_{14}, \beta_{36}, \beta_{56}$ - зведені коефіцієнти дисипації енергії у ланках приводу; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6$ - узагальнені координати (кути повороту відповідних мас моделі); M_T - крутний момент зчеплення.

У випадку вмикання першої передачі — рушанні автомобіля з місця динамічна модель трансмісії з РКПП з двома зчепленнями спрощується і матиме вигляд, поданий на рис. 3.5.

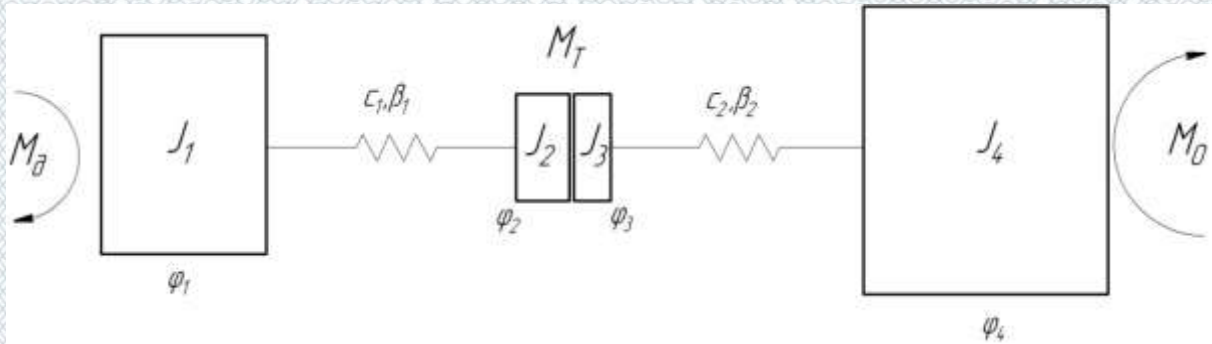


Рисунок 3.5 – Динамічна модель трансмісії з РКПП з двома зчепленнями при вмиканні першої передачі

На рис. 3.5 позначено: J_1, J_2, J_3, J_4 - зведені моменти інерції ланок приводу відповідно колінчатого валу двигуна, ведучого диску, веденого диску зчеплення і зведений момент інерції до первинного валу коробки перемикання передач; M_d - крутний момент двигуна; M_o - момент опору; c_1, c_2 - зведені жорсткості ланок приводу відповідно між колінчатим валом двигуна і ведучим диском, веденим диском і трансмісією; β_1, β_2 - зведені коефіцієнти дисипації енергії у ланках приводу відповідно між колінчатим валом двигуна і ведучим диском зчеплення, веденим диском і трансмісією; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - узагальнені координати (кути повороту відповідних мас моделі); M_T - крутний момент зчеплення.

Розглянемо в подальшому два режими роботи РКПП з двома зчепленнями - вмикання першої передачі й рушання автомобіля з місця та перемикання з другої передачі на третю під час руху автомобіля.

3.4 Розробка математичної моделі трансмісії з роботизовано коробкою перемикавання передач з двома зчепленнями

Для аналізу перехідних процесів у трансмісії автомобіля обладнаної РКПП з двома зчепленнями сформуємо математичні моделі для двох її режимів роботи, які повністю характеризують роботу фрикційних муфт при перемиканні передач.

Режим вмикання першої передачі й рушення автомобіля з місця. Рівняння руху мас динамічної моделі трансмісії (див. рис. 3.3) отримаємо з рівняння Лагранжа 2-го роду[7]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial \Pi}{\partial q} + \frac{\partial \Phi}{\partial q} = Q_j, \quad j = 1,4 \quad (3.5)$$

де T і Π - відповідно кінетична і потенціальна енергії системи;

Φ - дисипативна функція Релея;

Q_j - узагальнені сили;

q_j - узагальнені координати;

t - час.

Беручи за узагальнені координати кути повороту мас приводу $q_1 = \varphi_1, q_2 = \varphi_2 \equiv \varphi_3, q_4 = \varphi_4$, подамо кінетичну енергію системи в такому вигляді:

$$T = \frac{J_1 \omega_1^2}{2} + \frac{J_2 \omega_2^2}{2} + \frac{J_3 \omega_3^2}{2} + \frac{J_4 \omega_4^2}{2}, \quad (3.6)$$

де $\omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}$; $\omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt}$; $\omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt}$; $\omega_4 = \frac{d\varphi_4}{dt}$ — відповідно зведені кутові швидкості обертання колінчатого валу двигуна, маховика, притискного диска та первинного вала КПП.

Потенціальну енергію системи і функцію Релея з урахуванням введених вище позначень подамо так:

$$\begin{aligned}\Pi &= \frac{c_1(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} + \frac{c_2(\varphi_2 - \varphi_4)^2}{2}; \\ \Phi &= \frac{\beta_1(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} + \frac{\beta_2(\varphi_2 - \varphi_4)^2}{2}.\end{aligned}\quad (3.7)$$

Для перехідного режиму роботи трансмісії - рушення автомобіля з місця, коли зчеплення пробуксовує, знайшовши похідні від виразів (3.6) і (3.7) та підставивши їх у рівняння (3.5), отримаємо таку систему диференціальних рівнянь руху мас моделі:

$$\begin{cases} J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = M_d - c_1(\varphi_1 - \varphi_2) - \beta_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right); \\ J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = c_1(\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - M_T; \\ J_3 \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} = M_T - c_2(\varphi_3 - \varphi_4) - \beta_2 \left(\frac{d\varphi_3}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right); \\ J_4 \frac{d^2 \varphi_4}{dt^2} = c_2(\varphi_3 - \varphi_4) + \beta_2 \left(\frac{d\varphi_3}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right) - M_0, \end{cases}\quad (3.8)$$

де M_d - крутний момент двигуна;

M_T - момент тертя між фрикційними дисками муфти зчеплення під час її пробуксовування;

M_0 - момент опору, прикладений до веденої ланки приводу.

По завершенні пробуксовування фрикційної муфти зчеплення рух мас динамічної моделі (див. рис. 3.3) відбуватиметься як одне ціле, тому система диференціальних рівнянь на цьому етапі роботи приводу матиме вигляд:

$$\begin{cases} J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = M_d - c_1(\varphi_1 - \varphi_2) - \beta_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right); \\ (J_2 + J_3) \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = c_1(\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - c_2(\varphi_2 - \varphi_4) - \beta_2 \left(\frac{d\varphi_2}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right); \\ J_4 \frac{d^2 \varphi_4}{dt^2} = c_2(\varphi_2 - \varphi_4) + \beta_2 \left(\frac{d\varphi_2}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right) - M_0 \end{cases}\quad (3.9)$$

Режим перемикавання з першої передачі на другу під час руху автомобіля. Для запису рівнянь руху мас динамічної моделі трансмісії (див. рис. 3.2), коли відбувається перемикавання з першої передачі на другу скористаємося рівнянням (3.1). Після відповідних перетворень отримаємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = M_d - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - \beta_{12} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) - \beta_{14} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right); \\ J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - M_{K1}; \\ J_3 \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} = M_{K1} - c_{36}(\varphi_3 - \varphi_6/i_1) - \beta_{36} \left(\frac{d\varphi_3}{dt} - \frac{d\varphi_6}{dt} / i_1 \right); \\ J_4 \frac{d^2 \varphi_4}{dt^2} = c_{14}(\varphi_1 - \varphi_4) + \beta_{14} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_4}{dt} \right) - M_{K2}; \\ J_5 \frac{d^2 \varphi_5}{dt^2} = M_{K2} - c_{56} \left(\varphi_5 - \frac{\varphi_6}{i_2} \right) - \beta_{56} \left(\frac{d\varphi_5}{dt} - \frac{d\varphi_6}{dt} / i_2 \right); \\ J_6 \frac{d^2 \varphi_6}{dt^2} = c_{36} \left(\varphi_3 - \frac{\varphi_6}{i_1} \right) + \beta_{36} \left(\frac{d\varphi_3}{dt} - \frac{d\varphi_6}{dt} / i_1 \right) + c_{56} \left(\varphi_5 - \frac{\varphi_6}{i_2} \right) + \beta_{56} \left(\frac{d\varphi_5}{dt} - \frac{d\varphi_6}{dt} / i_2 \right) - M_o \end{array} \right. \quad (3.10)$$

де M_d – крутний момент двигуна;

M_{K1}, M_{K2} – моменти тертя між фрикційними дисками муфт K1 і K2 зчеплення під час її пробуксовування;

M_o – момент опору, прикладений до веденої ланки приводу.

Момент тертя у фрикційних муфтах зчеплення визначається за формулами:

$$M_{K1} = F_1 * R_{T1} * f_T * z; \quad (3.11)$$

$$M_{K2} = F_2 * R_{T2} * f_T * z,$$

де F_1 – сила притискання дисків зчеплення першої фрикційної муфти;

F_2 – сила притискання дисків зчеплення другої фрикційної муфти;

R_{T1}, R_{T2} – відповідно середні радіуси тертя дисків зчеплення 1-ї та 2-ї фрикційної муфти;

f_T – коефіцієнт тертя;

$z = 2$ – кількість пар поверхонь тертя.

Якісний характер зміни сил притискання фрикційних дисків у муфтах K_1 і K_2 при перемиканні передач можна подати у вигляді графіка (рис. 3.4).

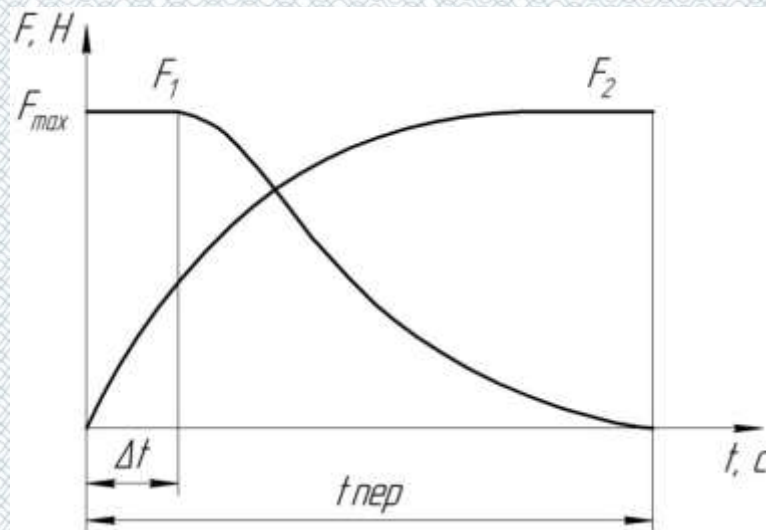


Рисунок 3.6 – Графік зміни сил притискання фрикційних дисків у муфтах K_1 і K_2 :
(Δt - затримка між початком вмикання другого і вимикання першого зчеплень;
 $t_{пер}$ - тривалість процесу перемикання зчеплень)

Для визначення залежності сил притискання фрикційних дисків, розглянемо рух натискного диска під дією штока гідравлічного циліндра і відтисної пружини. Зобразимо розрахункову схему натискного диска у вигляді, поданому на рис. 3.7.

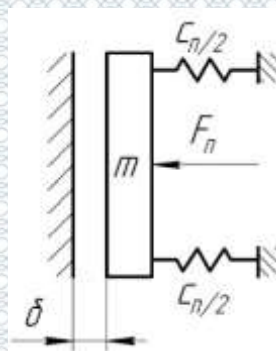
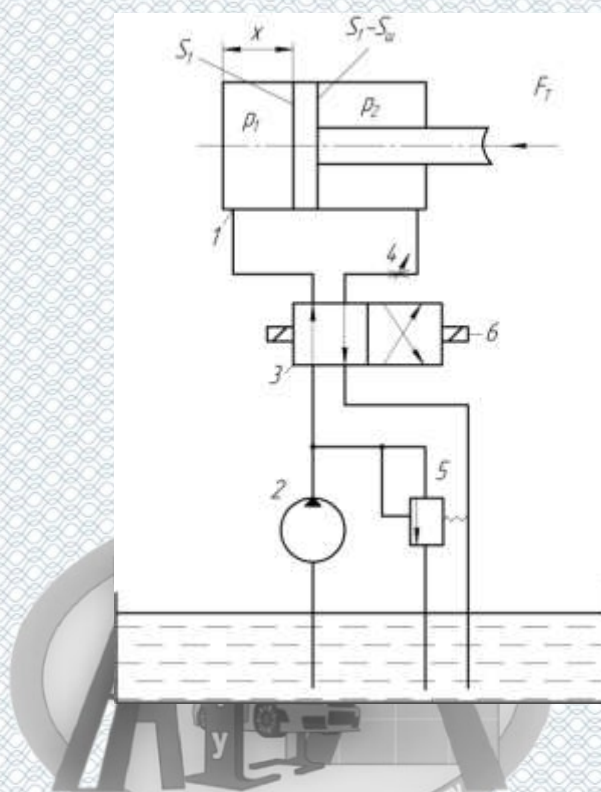


Рисунок 3.7 – Схема притискання натискного диска зчеплення

Схема об'ємного гідроприводу для приведення в дію важелів вмикання зчеплень при цьому матиме вигляд (рис. 3.8.)



Риунок. 3.10 – Схема об'ємного гідроприводу

(p_1, p_2 — тиски, які є по обидва боки поршня гідроциліндра, $S_1, S_1 - S_{ш}$ — відповідно робочі площі самого поршня та поршня без врахування площі штока)

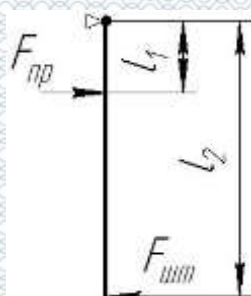


Рисунок 3.9 – Важіль приводу зчеплення

Якщо прийняти, що передаточне відношення приводу зчеплення $i_{зч} = 4$, то для того щоб забезпечити силу притискання дисків $F_{пр}$ потрібно щоб сила на штоці $F_{шт}$ гідроциліндра була рівна:

$$F_{шт} = \frac{F_{пр}}{i} = \frac{5185,2}{4} = 1296,3 \text{ Н.}$$

З іншого боку, якщо записати, що

$$F_{шт} = p * S,$$

де p - тиск, який створює гідронасос;

S - площа поршня гідроциліндра.

$$S = \frac{F_{шт}}{p} = \frac{1296}{32 * 10^5} = 0,0004 \text{ м}^2,$$

звідси радіус поршня



$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0004}{\pi}} = 0,01 \text{ м.}$$

Як і в механізмі, що складається тільки з твердих тіл, рівняння руху гідравлічного механізму є диференціальне рівняння другого порядку, з якого знаходиться залежність узагальненої координати механізму від часу. Відмінність полягає в тому, що в нього входять параметри, що залежать від тиску рідини в різних частинах механізму. Рівняння руху маси натискного диска (рис. 3.5) запишемо у вигляді

$$m\ddot{x} = F_{п} - F_{о} - c_{п}x, \quad (3.12)$$

де $F_{п}$ - зведена рушійна сила;

$F_{о}$ - зведена сила тертя;

$c_{п}$ - жорсткість відтискної пружини;

x - переміщення натискного диска.

Далі зведені сили, прикладені до поршнів приводів вмикання зчеплень визначимо за формулами:

$$\begin{aligned} F_{\text{п}} &= p_1 S_1; \\ F_0 &= F_T + p_2 (S_1 - S_{\text{ш}}). \end{aligned} \quad (3.13)$$

Тиск p_1 залежить від тиску на виході з насоса $p_{\text{н}}$ і втрат тиску в напірній лінії Δp_1 :

$$p_1 = p_{\text{н}} - \Delta p_1 \quad (3.14)$$

Тиск p_2 залежить від втрат тиску в зливний лінії Δp_2 і втрат тиску в гальмівному пристрої $\Delta p_{\text{т}}$:

$$p_2 = \Delta p_2 + \Delta p_{\text{т}} \quad (3.15)$$

Втрати тиску Δp_1 і Δp_2 , тобто втрати в трубопроводах і в розподільнику 3, залежать від швидкості течії рідини, яка при постійній витраті (кількості протікаючої рідини) пропорційна величині швидкості поршня v . На підставі експериментальних даних залежності втрат тиску Δp_1 і Δp_2 мають вигляд

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= A_1 v + B_1 v^2 \\ \Delta p_2 &= A_2 v + B_2 v^2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

де A_1, A_2, B_1, B_2 – постійні коефіцієнти, що визначаються для даного гідроприводу з експерименту або ж з табличних значень для типових елементів гідроприводу.

З урахуванням співвідношень (3.14) - (3.18) рівняння руху гідроприводу (3.13) змінює вигляд:

$$m\ddot{x} = (p_{\text{н}} - A_1 \dot{x} - B_1 \dot{x}^2) S_1 - F_T - (A_2 \dot{x} - B_2 \dot{x}^2) (S_1 - S_{\text{ш}}) - c_{\text{п}} x. \quad (3.17)$$

Диференціальне рівняння (3.17) разом з диференціальними рівняннями (3.8) - (3.10) описують перехідні процеси у динамічній моделі трансмісії з РКПП при вмиканні-вимиканні фрикційного зчеплення.

3.5 Результати моделювання процесу пробуксовування зчеплень у роботизованій коробці перемикання передач з двома зчепленнями

Моделювання процесу пробуксовування фрикційних муфт зчеплення у роботизованій коробці перемикання передач з двома зчепленнями проводилися для приводу автомобіля з такими зведеними параметрами: $N_0=90$ кВт; $M_0=200$ Н·м; $J_1=0,3$ кг·м²; $J_2=0,03$ кг·м²; $J_3=0,01$ кг·м²; $J_4=0,8$ кг·м²; $c_1=8000$ Н·м; $c_2=3000$ Н·м; $\beta_1 = \beta_2=0,5$ Н·м·с; $T_0=200$ Н·м. Вважали, що двигун у момент подачі сигналу на вмикання зчеплення працював на усталеній швидкості обертання колінчастого вала, рівній 2000 об/хв і розвивав максимальний крутний момент.

Режим вмикання першої передачі й рушання автомобіля з місця. Числове моделювання перехідного процесу вмикання і пробуксовування фрикційного зчеплення у період рушання автомобіля з місця проведено за математичною моделлю (3.8), (3.9). Результати розрахунків при тривалості спрацювання фрикційної муфти зчеплення $t_c=0,01$; 0,02 і 0,2 с подані відповідно на рис. 3.9 - рис. 3.14.

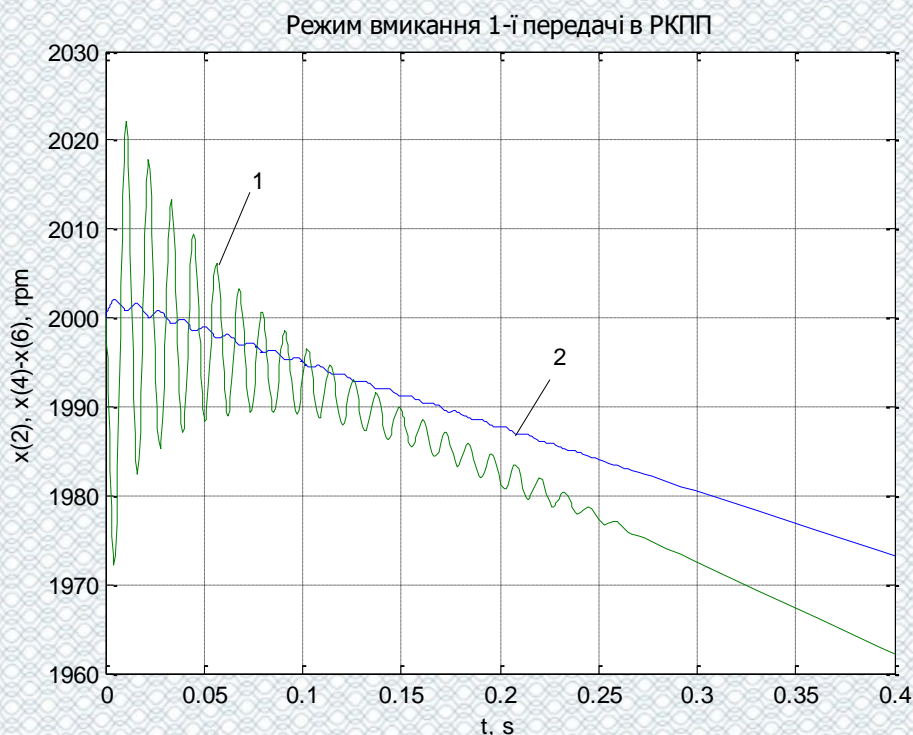


Рисунок 3.9 – Залежність кутової швидкості від часу, $t_c=0,01$ с:

1 - пробуксовування муфти зчеплення; 2 - ведучої ланки приводу

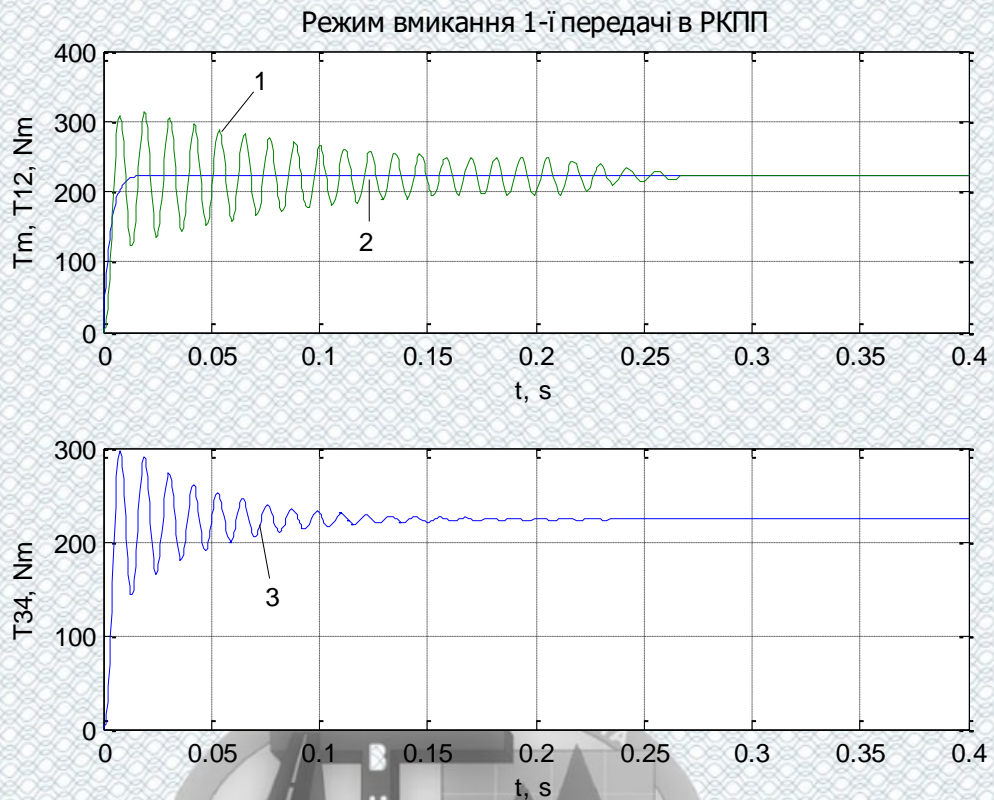


Рисунок 3.10 – Залежність крутних моментів від час, $t_c=0,01$ с:

1 - у ведучій частині приводу; 2 - у муфті зчеплення; 3 - у веденій частині приводу

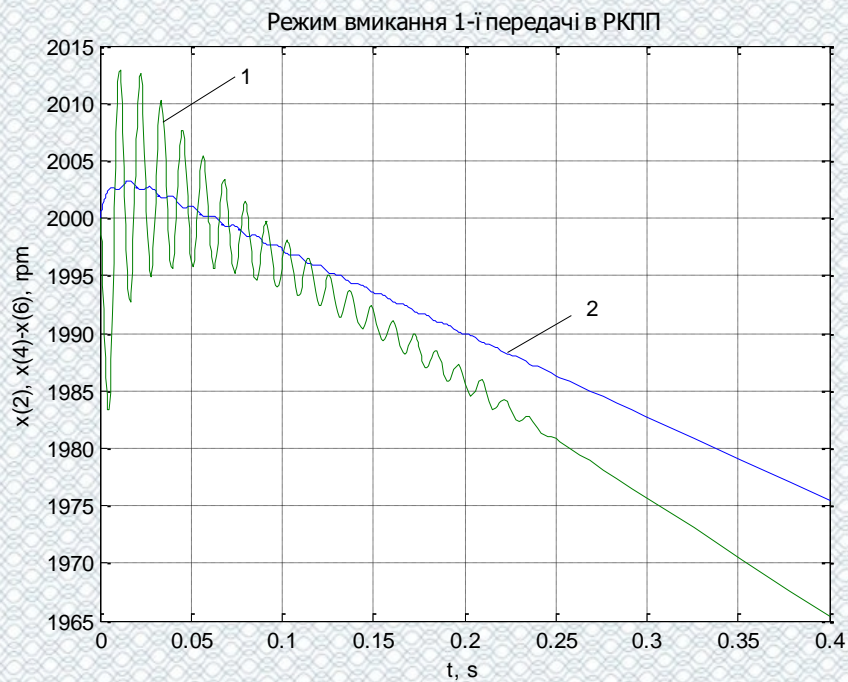


Рисунок 3.11 – Залежність кутової швидкості від часу, $t_c=0,02$ с:

1 - пробуксовування муфти зчеплення; 2 - ведучої ланки приводу

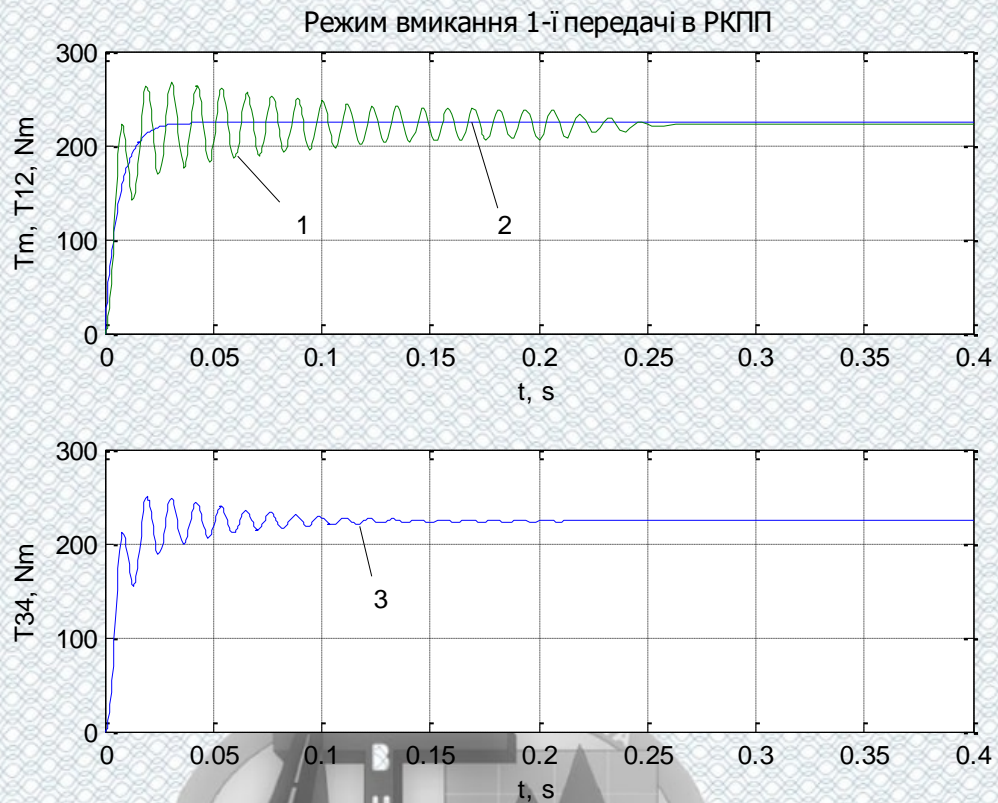


Рисунок 3.12 – Залежність крутних моментів від часу, $t_c=0,02$ с:

1 - у ведучій частині приводу; 2 - у муфті зчеплення; 3 - у веденій частині приводу

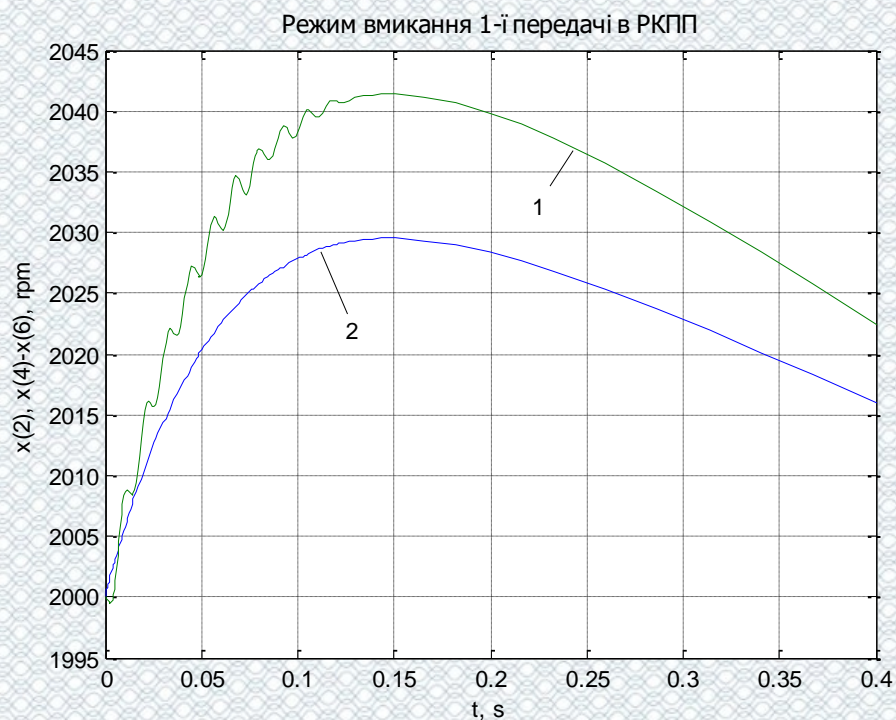


Рисунок 3.13 – Залежність крутних моментів від часу, $t_c=0,2$ с:

1 - у ведучій частині приводу; 2 - у муфті зчеплення; 3 - у веденій частині приводу

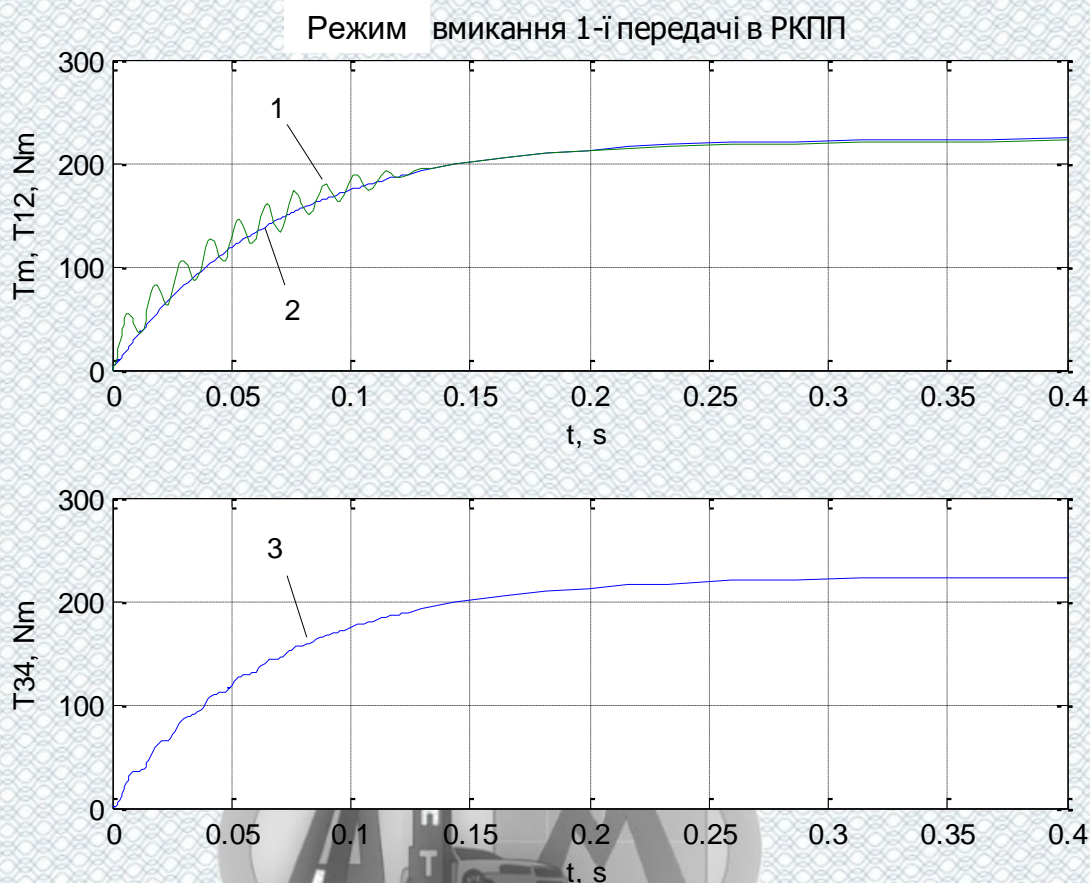


Рисунок 3.14 – Залежність крутних моментів від часу, $t_c=0,2$ с:

1 - у ведучій частині приводу; 2 - у муфті зчеплення; 3 - у веденій частині приводу

З графіків на рис. 3.9 - рис. 3.14 бачимо, що швидкість відносного ковзання у фрикційній муфті зчеплення на початковій стадії вмикання різко зростає і має коливний характер (крива 1 на рис. 3.9, рис. 3.11 і рис. 3.13). З часом амплітуда коливань швидкості відносного ковзання зменшується, а її середнє значення прямує до нуля. Кутова швидкість ведучої ланки приводу (крива 2 на рис. 3.9, рис. 3.11 і рис. 3.13) спочатку зростає, а в міру збільшення моменту, який передає муфта зчеплення, прямує до усталеного значення при заданому моменті сил опору рухові автомобіля T_o . Пружний крутний момент у ведучій (крива 1 на рис. 3.10, рис. 3.12, рис. 3.14) і веденій (крива 3 на рис. 3.10, рис. 3.12, рис. 3.14) частинах приводу зростає від нуля до певного максимального значення, яке приблизно в 1,5 рази перевищує T_o , має коливний характер і з часом, зникаючи, прямує до значення сумарного опору рухові автомобіля.

Момент у фрикційній муфті зчеплення (крива 2 на рис. 3.10, рис. 3.12, рис. 3.14) від часу подачі сигналу на вмикання різко, але плавно зростає і асимптотично наближається до максимального значення, а з плином часу залишається сталим.

Невелика зміна тривалості вмикання зчеплення (з 0,01 до 0,02 с) неістотно впливає на характер зміни й величину динамічних характеристик приводу (див. рис. 3.9 - рис. 3.11). Зміна ж тривалості спрацювання на порядок (до 0,2 с) приводить до зменшення амплітуди коливань кутової швидкості й моментів у трансмісії.

Отже, зменшення тривалості спрацювання фрикційного зчеплення приводить до збільшення швидкості перемикавання передач у РКПП, але збільшує динамічні навантаження на елементи трансмісії. Збільшення тривалості спрацювання фрикційного зчеплення зменшує динамічні навантаження у трансмісії, однак погіршує (збільшує тривалість) комфортність перемикавання передач в РКПП.

Режим перемикавання з першої передачі на другу під час руху автомобіля.

Перемикавання з першої передачі на другу відбувається тільки за рахунок розмикання муфти К1 і вмикання муфти К2, без заведення шестерень в зачеплення (вони, як було зазначено, заздалегідь введені в зачеплення). Після дослідження процесу вмикання - розмикання зчеплення (розділ 2, 2.2), момент який буде передаватись, від двигуна до КПП (еквівалентний моменту тертя M_T між дисками зчеплення) буде змінюватись так, як показано на рис. 3.15.

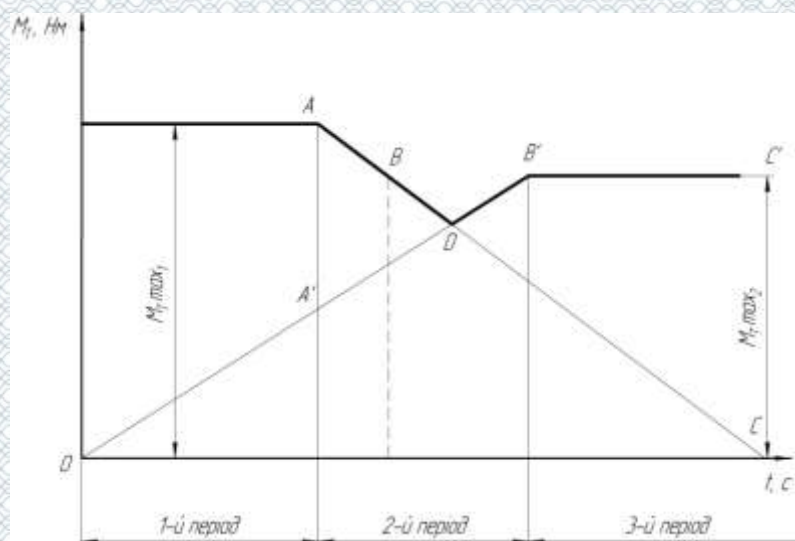


Рисунок 3.15 – Графік зміни моменту при перемиканні з першої на другу передачу

З графіка видно, що процес перемикання розпочинається вмиканням муфти K_2 , хоча муфта K_1 в цей момент ще не розпочала розмикатись (1-й період). В точці D момент тертя у муфті K_1 - M_{T1} зрівнюється з моментом тертя в муфті K_2 - M_{T2} — ця точка характеризує той момент часу, коли момент починає передаватись муфтою K_2 . Звідси кутова швидкість первинного валу 1, в подальшому зменшується до нуля, а кутова швидкість первинного валу 2 - збільшується до кутової швидкості ведучої ланки, тобто маховика.

3.6 Результати дослідження впливу тертя між фрикційними дисками і шліцьовими пазами на силу притискання дисків при вмиканні-вимиканні багатодискового зчеплення

При розрахунку роботизованих КПП типу DSG з двома мокрими зчепленнями слід враховувати втрату сили притискання фрикційних дисків зі зростанням їх кількості через тертя, що виникає між виступами дисків і пазами шліців, по яких вони переміщуються[6].

Для оцінення впливу тертя між дисками і пазами шліців розглянемо розрахункову схему, подану на рис. 3.14.

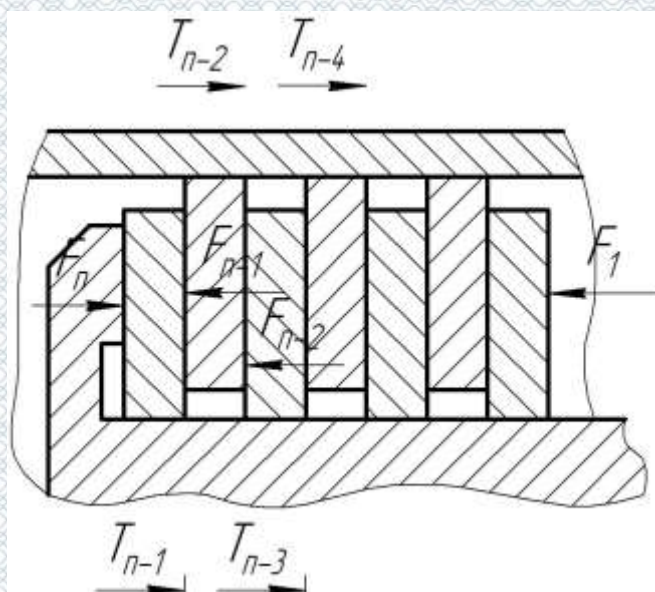


Рисунок 3.16 – Схема взаємодії фрикційних дисків у багатодисковому зчепленні

На рис. 3.16 позначено: F_n - сила натискання на неробочій стороні останнього диска; F_{n-1} - сила натискання на робочій поверхні того ж диска; T_{n-1} — сила тертя, що діє на зубці цього диска з боку спряження з ним шліців; F_1 — сила натискання першого диска. Для останнього диска маємо:

$$F_{n-1} - F_n - T_{n-1} = 0, \quad (3.18)$$

причому

$$T_{n-1} = \mu_{n-1} * Q_{n-1},$$

де Q_{n-1} — сила тиску зубців натискного диска на шліцьові пази; μ_{n-1} — коефіцієнт тертя між шліцями і пазами.

Якщо позначити через M_{n-1} момент тертя, який передає останній диск при вмиканні зчеплення то можна записати

$$M_{n-1} = q_{n-1} f \int_{0,5d_2}^{0,5d_1} 2\pi\rho^2 d\rho = \frac{\pi}{12} q_{n-1} (d_1^3 - d_2^3), \quad (3.19)$$

де питомий тиск на поверхні диска

$$q_{n-1} = \frac{F_{n-1}}{\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2)}; \quad (3.20)$$

d_1 і d_2 - зовнішній та внутрішній діаметри поверхні тертя диска; f — коефіцієнт між сусідніми дисками; ρ - радіус-вектор поточного кола робочої поверхні диска.

В цьому випадку справедливою буде також рівність:

$$M_{n-1} = 0,5Q_{n-1}d_b, \quad (3.21)$$

де d_b - діаметр кола центрів тиску контактів зубців останнього (внутрішнього) диска і шліцьових пазів вала.

Таким чином:

$$T_{n-1} = \frac{2}{3} \mu_{n-1} f F_{n-1} \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_B(d_1^2 - d_2^2)}. \quad (3.22)$$

Міркуючи аналогічно, для передостаннього диска отримаємо:

$$F_{n-2} - F_{n-1} - T_{n-2} = 0, \quad (3.23)$$

$$T_{n-2} = \frac{2}{3} \mu_{n-2} f (F_{n-1} + F_{n-2}) \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_0(d_1^2 - d_2^2)}, \quad (3.24)$$

де d_0 - діаметр кола центрів тиску контакту зубців передостаннього диска (зовнішнього) і шліцьових пазів обойми зчеплення;

F_{n-1} , T_{n-2} , μ_{n-2} - відповідно сила натискання, сила тертя і коефіцієнт тертя між зубцями і пазами для зовнішнього диска.

Аналогічно попередньому записуємо:

$$F_{n-3} - F_{n-2} - T_{n-3} = 0,$$

$$T_{n-3} = \frac{2}{3} \mu_{n-3} f (F_{n-2} + F_{n-3}) \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_B(d_1^2 - d_2^2)};$$

.....

$$F_2 - F_3 - T_2 = 0,$$

$$T_2 = \frac{2}{3} \mu_2 f (F_3 + F_2) \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_0(d_1^2 - d_2^2)};$$

$$F_1 - F_2 - T_1 = 0,$$

$$T_1 = \frac{2}{3} \mu_1 f P_2 \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_B(d_1^2 - d_2^2)}.$$

Для коефіцієнтів тертя між виступами фрикційних дисків і пазами використаємо таку залежність:

$$\mu_i = \frac{n-2}{n-1} \mu_1, \quad (3.25)$$

де номер диска i - змінюється від 1 до $n - 1$ включно.

Для оцінення впливу сил тертя між дисками і пазами на величину сили притискання дисків розглянемо конкретний числовий приклад. Нехай кількість зовнішніх дисків - 5, а внутрішніх - 4, всі диски сталеві; $\mu_{max} \cong 0,3$; $\mu_1 \cong 0,2$; $f = 0,2$; $d_1 = 100$ мм; $d_2 = 50$ мм; $d_0 = 105$ мм; $d_B = 45$ мм. Результати розрахунку подані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність сили притискання від кількості фрикційних дисків

Параметр	Номер диска									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\alpha_i = F_i / F_{10}$	1	1,008	1,013	1,049	1,078	1,092	1,135	1,27	1,34	1,34
μ_i	-	0,022	0,044	0,067	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,2

З таблиці видно, що сила сухого тертя між зубцями фрикційних дисків і пазами шліців збільшує силу притискання дисків порівняно з однодисковим зчепленням при 10 дисках майже в 1,5 рази. Для мокрого зчеплення (яке працює в мастилі) аналогічний розрахунок дає $P_1 = 1,12P_{10}$, при $\mu_1 = 0,1$; $f = 0,05$.

Отже, з наведеного вище можна зробити висновок що вважати силу притискання дисків у багатодисковому фрикційному зчепленні сталою можна за умови $n \leq 7$ - для сухих і за $n \leq 11$ - для мокрих зчеплень.

Крім цього, крутний момент, який передає багатодискове зчеплення слід розраховувати за формулою

$$M = \frac{1}{3} f \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} \sum_{i=2}^{i=n-1} F_i.$$

Отже, з наведених вище результатів випливає, що при силовому розрахунку фрикційних муфт «мокрих» багатодискових зчеплень РКПП з двома зчепленнями при оптимізації їх масових і габаритних параметрів слід обов'язково враховувати залежність сили притискання і моменту, який передає муфта, від кількості фрикційних дисків.

3.7 Висновки до розділу 3

В розділі побудована побудова динамічна та математична моделі автоматичної коробки перемикачів передач з двома зчепленнями на різних режимах роботи.

Запропоновані диференціальне рівняння (3.17) разом з диференціальними рівняннями (3.8) - (3.10), які описують перехідні процеси у динамічній моделі трансмісії з РКПП при вмиканні-вимиканні фрикційного зчеплення.

Зменшення тривалості спрацювання фрикційного зчеплення приводить до збільшення швидкості перемикачів передач у РКПП, але збільшує динамічні навантаження на елементи трансмісії. Збільшення тривалості спрацювання фрикційного зчеплення зменшує динамічні навантаження у трансмісії, однак погіршує (збільшує тривалість) комфортність перемикачів передач в РКПП.

Сила сухого тертя між зубцями фрикційних дисків і пазами шліців збільшує силу притискання дисків порівняно з однодисковим зчепленням при 10 дисках майже в 1,5 рази. Для мокрого зчеплення (яке працює в мастилі) аналогічний розрахунок дає $P_1 = 1,12P_{10}$, при $\mu_1 = 0,1$; $f = 0,05$. Отже, з наведеного вище можна зробити висновок що вважати силу притискання дисків у багатодисковому фрикційному зчепленні сталою можна за умови $n \leq 7$ - для сухих і за $n \leq 11$ - для мокрих зчеплень.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці в лабораторії, при виконанні роботи.

Шкідливі виробничі фактори, що можуть виникнути на робочих місцях:

- підвищена загазованість та запиленість робочих місць;
- недостатнє освітлення;
- мікроклімат, який не відповідає вимогам;
- випаровування бензину, мастил, гальмівної рідини та ін.
- підвищений рівень шуму та вібрації.

Небезпечні виробничі фактори, що можуть виникнути на робочих місцях:

- частини обладнання, які рухаються;
- ураження електричним струмом напругою 220/380 В;
- падіння предметів;
- при користуванні несправним інструментом або при застосуванні небезпечних;
- прийомів праці можливе ураження кінцівок.

4.2 Виробнича санітарія

4.2.1 Повітря робочої зони та метеоумови.

Роботи, що виконуються на підприємстві переважно, характеризуються як роботи, пов'язані з ходьбою і перенесенням невеликої ваги (до 10 кг), і відносяться до категорії робіт середньої важкоті (Пб). Значення допустимих нормованих параметрів метеорологічних умов для даної категорії робіт наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Мікроклімат в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Факт.	Допус.	Факт.	Допус.	Факт.	Допус.
Хол.	Пб	15-18	21-15	70-75	75	0,3-0,4	<0,4
Тепл.	Пб	20-24	27-26	70-80	75	0,4-0,5	0,2-0,5

Дотримання нормативних метеоумов забезпечується за допомогою опалення та вентиляції в холодний період року, та вентиляції в теплий період року. Теплове опромінення не перевищує нормативне (100 Вт/м^2) при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла людини.

Максимально допустима для роботи температура поверхонь не повинна перевищувати $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

Шкідливі речовини, які забруднюють повітря, значення їх ГДК, агрегатний стан, клас небезпеки та особливості дії на організм людини наведені в табл. 4.2

Дотримання гранично-допустимих значень забезпечується за допомогою загальнообмінної приточно-витяжної та місцевої вентиляції.

Таблиця 4.2 – Шкідливі речовини в робочій зоні

Назва шкідливої речовини	ГДК, мг/м^3	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Азота оксид	5	п	II	О
Акролеїн	0,2	п	II	-
Пил мінеральний	4	а	III	А,Ф

Умовні позначення:

п-пари (абогази);

а - аерозолі;

п+а - суміш парів та аерозолію;

А - речовини, здатні викликати алергічні захворювання в виробничих умовах;

К-канцерогени;

О - речовини з гостронаправленим механізмом дії, які потребують автоматичного контролю за їх вмістом в повітрі;

ф - аерозолі фіброгенної дії.

Система опалення., в холодний та перехідний періоди року, виконана із умов забезпечення температури повітря в приміщеннях на рівні + 15 °С. Опалення централізоване. В якості теплоносія використовується гаряча вода, з температурою 79-95 °С. Джерелом тепlopостачання є зовнішня теплова мережа.

4.2.2 Освітленість.

Освітлення приміщення відбувається як природнім, так і штучним методами. Природне освітлення є боковим. Штучне комбіноване - загальне і місцеве освітлення здійснюється газорозрядними лампами,

Коефіцієнт природного освітлення (КПО) для IV-го світлового поясу ;

$$e^{IV} = e^{III} \times m \times C_k \quad (4.1)$$

де e^{III}_n – нормований коефіцієнт природного освітлення для III поясу;

m - коефіцієнт світлового клімату, залежить від географічного розташування об'єкта; для IV поясу $m = 0,9$;

C_k - коефіцієнт, що враховує додатковий світловий потік, який проходить через проїми в приміщення за рахунок прямого і відбитого сонячного світла на протязі року, залежить від азимута (коефіцієнт сонячності клімату складає $C_k = 1$).

Норми і нормовані значення КПО наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Норми і нормовані значення КПО

Характеристика зорової роботи		Середньої точності	Характеристика фона				Природне освітлення, КПО $e''_H, \%$	Сумісне освітлення КПО $e''_H, \%$
Найменший розмір об'єкта розпізнання, мм			Штучне освітлення (освітленість, лк)		Штучне освітлення (освітленість, лк)			
Розряд зорової роботи		ІV	При комбінованому освітленні		При загальному освітленні		При бічному освітленні	При бічному освітленні
Підрозділ зорової роботи			Нормат.		Нормат.			
Контраст об'єкту розпізнання з фоном		Малий	750		750		1,5	0,9
Характеристика фона			Нормат.		дійсне			
темний		750	300		300		1,5	0,9
			Нормат.		дійсне			

4.3 Розрахунок загального штучного освітлення

Визначимо висоту підвісу світильників. $H_n = 4,5$ м;

Визначимо відстань між рядами світильників

$$L = 1.655 \cdot H_n; \quad L = 1,655 \cdot 4,5 = 7,45 \text{ м} \quad (4.2)$$

Встановлюємо світильники в два ряди.

Визначимо відстань між стінкою та рядом світильників;

$$I = 0.31 \cdot L; \quad I = 0.31 \cdot 7,45 = 2.3 \text{ м} \quad (4.3)$$

Визначимо відстань між світильниками в ряду. Розмістимо шість світильників в ряду. Прийmemo $I^* = 3 \text{ м}$

Визначимо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_c = \frac{E_H \cdot S \cdot Z \cdot k}{N_{cn} \cdot \eta \cdot N_{лп}} \quad (4.4)$$

де: E_H - нормована величина штучного загального освітлення, визначається зі СНП, $E_H = 200 \text{ лк}$

S - площа приміщення, м^2 , $S = A \cdot B$, $S = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2$;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення. $Z = 1.1$;

K - коефіцієнт запасу. $K = 1,8$;

η - коефіцієнт світлового потоку, залежить від індексу приміщення

$$I = \frac{A \cdot B}{Hn \cdot (A + B)} \quad I = \frac{18 \cdot 12}{5 \cdot (18 + 12)} = 1.44 \quad (4.5)$$

коефіцієнт відбиття стелі, стін та підлоги - прийmemo пофарбування стелі в білий колір, стін - в світлозелений; підлогу в сірий:

- типу світильника - встановлюємо світильник з люмінісцентними лампами типу ЛПП-01 (в світильнику 4 лампи).

N - кількість світильників, $N = 12$ шт.

n - кількість ламп в світильнику, $n = 4$ шт.

$\eta = 0.3$,

$\rho_c = 0.7$

$\rho_{cm} = 0.5$

$\rho_n = 0,3$

$$\Phi_n = \frac{200 \cdot 216 \cdot 1,1 \cdot 1,8}{12 \cdot 4 \cdot 0,3} = 5940 \text{ лм.}$$

Вибираємо стандартну люмінесцентну лампу типу ЛДЦ 80-4 потужністю-80 Вт і світловим потоком 6900 лм:

$$\Phi_{л.ст} = (0,9...1,2) \cdot \Phi_{л}; \quad (4.6)$$

$$\Phi_{л.ст} = (0,9...1,2) \cdot 5940 = 5348...7128 \text{ лм.}$$

Проводимо перевірочний розрахунок.

$$E_c = \frac{6900 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 0.3}{216 \cdot 1.1 \cdot 1.8} = 232 \text{ лк}$$

4.4 Шум

В робочій джерелами шуму є працюючі двигуни технологічного обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску для широкосмугового шуму в октавних смугах частот і дійсні значення рівня звукового тиску в зоні наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску для широкосмугового шуму в октавних, смугах частот і дійсні значення рівня звукового тиску

Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах із середніми частотами									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	99	87	82	78	75	73	71	69	80

Необхідно використовувати шумопоглинаючі матеріали або конструкції для зменшення рівня шуму, Звукопоглинаюче облицювання стін та стелі дозволяє знизити рівень шуму на. 6..8 дБ, Звукоізоляційною огорожею є всі корпуси машин та агрегатів.

4.5 Вібрація

Для попередження негативного впливу вібрацій на працюючих допускаються такі граничні величини, які наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Санітарні норми одночисельних показників вібраційної навантаження оператора при тривалості зміни 8 год

Вид Вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативні, коректовані по частоті та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкості	
			$\alpha_H, \text{ м/с}^2$	$L_{CH}, \text{ дБ}$	$V_H \cdot 10^{-2}, \text{ м/с}$	$L_{vH}, \text{ дБ}$
Локальна	-	$X_\Lambda, Y_\Lambda, Z_\Lambda$	2.0	126	2.0	112
Загальна	3 тип "а"	X_0, Y_0, Z_0	0.1	100	0.2	92

Віброізоляція зменшує рівні вібрацій, що передаються від джерела на тіло робітника. Вона здійснюється введенням поміж джерелом вібрацій і працюючим проміжного пружного зв'язку. Наприклад, фундамент машин, споруджений на пружних прокладках, або встановлюються на віброізолюючих опорах.

4.6 Техніка безпеки

Приміщення повинно відповідати таким вимогам :

- підлога виготовляється з неіскроутворюючих вогнетривких матеріалів;
- двері повинні бути вогнетривкими і відкриватися на зовні;
- стіни приміщення також будуються з вогнестійких матеріалів;
- опалення повинно бути водяне або парове;
- вентиляція застосовується припливно-витяжна та місцева;
- дроти освітлювальної та силової ліній повинні бути в трубах з герметичною арматурою; розетки для переносних ламп повинні мати напругу 36 В;

Для виключення травматизму від ураження електричним струмом електричні дроти обладнання повинні бути у металевому рукаві або металевій трубі. Усе електрообладнання занулюється,

Робітники мають здавати один раз в три місяці екзамен.

До робіт на обладнанні допускаються персонал, що пройшов необхідну підготовку,

Недопускається виконувати роботу на несправному інструменті.

Опір ізоляції дротів первинних ланцюгів живлення відносно ненапругованих частин стенду повинно бути не менш 1 МОм.

4.7 Електробезпека

Необхідно забезпечити щоб:

- струмопровіджучі частини повинні бути ізольовані, огороженні або розміщені в місцях, недоступних до дотикання до них;
- світильники загального освітлення, приєднанні до джерела живлення (електромережі) напругою 127 і 220 В, повинні встановлюватися на висоті не менше 2,5 м. від рівня землі, підлоги. При висоті підвісу менше 2,5 м. світильники повинні приєднуватися до мережі напругою не більше 42 В;
- електроустановки повинні бути занулені.

Умови роботи особливо небезпечні для ураження людей електричним струмом тому обладнання потрібно виконувати у вибухонебезпечній формі, а всі дроти освинцьовані.

4.8 Пожежна безпека

Більшість приміщень віднесені до категорії В (пожежо-небезпечні виробництва), а будівля, де вони розміщуються, має 1-й ступінь вогнестійкості – незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год							
	Стіни				Колони	Плити, настили, перекриття	Елементи покриттів	
	Несучі клітини, сходи	само-несчі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі			Плити, настили	Балки, ферми
1	2.5	2.0	2.5	2.5	1.5	2.0	2.0	2.0

Основними причинами виникнення пожеж, є коротке замикання в електропроводниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки. Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики ящики з кришками та. цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх. необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах.

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та. з'єднані із землею дротом, Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДІЛ, які спрацьовують, коли температура середовища досягає критичної.

4.9 Організація та розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки автотранспорту

Призначення пункту спеціальної обробки в техніці та автотранспорті.

Деактивація, дегазація і дезінфекція техніки і транспорту може бути частковою і повною. Часткова дезактивація проводиться з метою зниження ступені зараження техніки і транспорту. Проводиться звичайно після виходу з зараженого району, коли дозволяє обстановка.

Для її проведення в першу чергу використовують підручні засоби, а також розчини для дезактивації і дегазаційні комплекти і прибори. Повна дезактивація проводиться з метою повного видалення радіоактивних речовин з всієї поверхні техніки і транспорту до допустимих величин зараження. Способи дезактивації техніки:

1) змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість в 5080 разів;

2) змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 1020 разів;

3) видалення радіоактивних речовин переривистим газокрапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;

4) видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з мотлоху (з клоччя), змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується, в основному, для внутрішніх поверхонь техніки;

5) замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується, в основному, при проведенні часткової дезактивації;

6) видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК4).

Засоби обеззаражування техніки і транспорту: авторозливальна станція АРС12У (АРС14), комплекти ДК4, ІДК1, ДК3; комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що здібна для використання при виконанні робіт з обеззаражування. Авторозливальна станція призначена для дезактивації, дегазації і дезінфекції техніки і транспорту, дегазації і дезінфекції території рідкими розчинами, транспортування і тимчасового зберігання рідин, спорядження рідинами оболонок, перекачування рідин з одної тари в іншу.

Можливості СОТ: по дезактивації вантажних автомобілів струменем води з брандспойтів – 90 од.; по дегазації протиранням змоченим мотлохом – 60 од. (з розрахунку роботи 20 годин за добу).

Розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки.

Визначення кількості естакад необхідних для миття автомобілів:

$$N_e = \frac{H \cdot t_m}{60}, \quad (3.16)$$

де $H = 18$ авт/год - інтенсивність руху автомобілів;

$t_m = 13$ хв. – час витрачений на миття одного автомобіля.

$$N_e = \frac{18 \cdot 13}{60} = 3,9.$$

Приймаємо 4 естакади. Визначимо кількість постів для прибирання:

$$N_n = \frac{H \cdot t_n}{60}, \quad (3.17)$$

де $t_n = 12$ хв – час витрачений на прибирання одного автомобіля, тоді:

$$N_n = \frac{18 \cdot 12}{60} = 3,6.$$

Приймаємо 4 поста. Визначення кількості обслуговуючого персоналу:

$$N_q = \sum N_n \cdot 2 + 2 \quad (3.18)$$

де $\sum N_n$ - кількість прибирально-мийних постів;

2 – кількість чоловік на кожному посту;

2 – кількість чоловік на дозиметричному контролі;

$$\sum N_n = 4 \cdot 2 + 2 = 10 \text{ (чол)}$$

Визначення необхідної кількості води для миття автомобілів на 5 днів:

$$V = H_o \cdot V_a \text{ [л]}; \quad (3.19)$$

де $H_o = 1730$ авт. – інтенсивність руху автомобілів за 5 днів;

$V_a = 200$ л – необхідна кількість води для миття одного автомобіля.

$$V = 1730 \cdot 200 = 346000 \text{ (л)}.$$

Визначимо необхідну кількість препарату для дезактивації за умови, що витрати необхідного розчину будуть такі як витрати води:

$$V_n = M_n \cdot V \text{ [л]}, \quad (3.20)$$

де $M_n = 0,3\%$ – норми витрати ОП-7 на один літр води;

тоді: $V_n = 0.003 \cdot 346000 = 1038 \text{ (л)}$.

Норми витрати ГМФН 0,7%, знайдемо необхідну кількість ГМФН:

$$V_n = 0.007 \cdot 346000 = 2422 \text{ (л)}.$$

Необхідної кількості ГМФН у розмірі 2422 л для даного ПуСО буде достатньо. Організація ПуСО на ділянці траси біля підприємства.

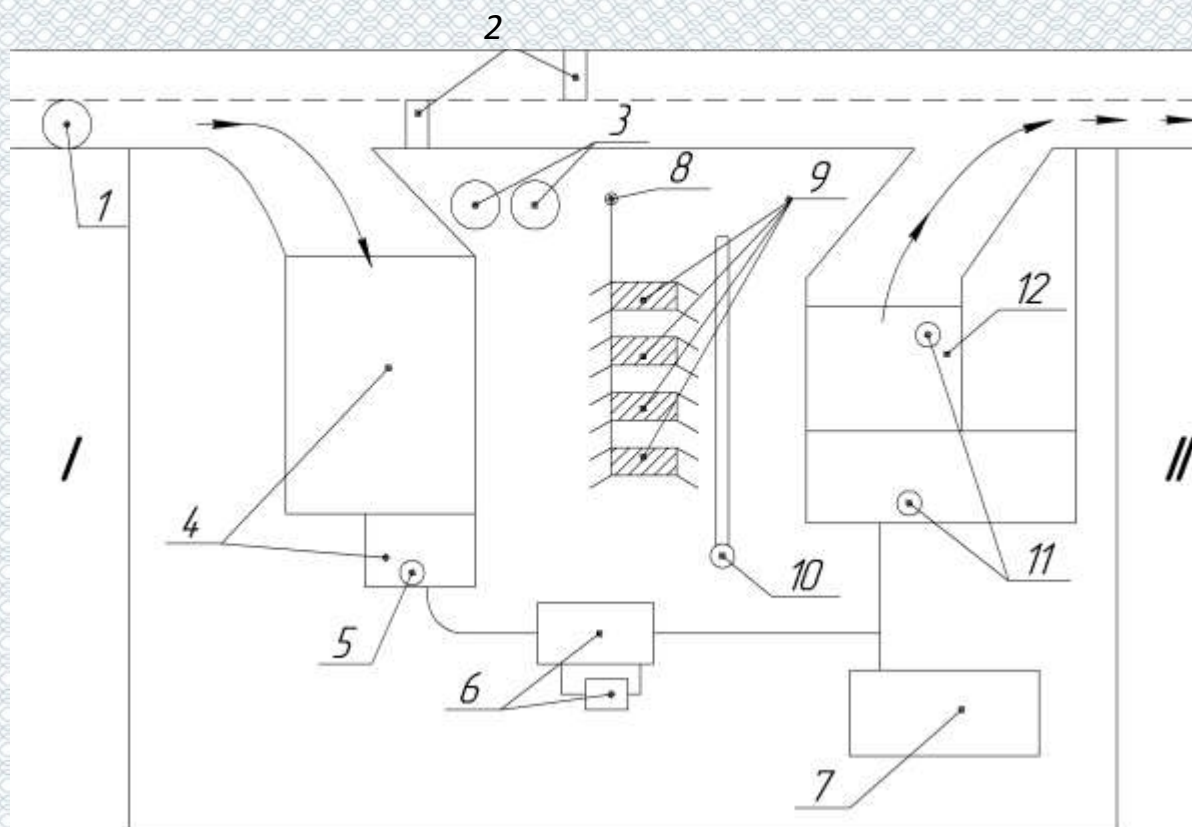
Пункт спеціальної обробки техніки повинен складатися з двох частин: це забруднена зона (територія, на якій відбувається обробка техніки), і так звана „чиста” зона (територія, де знаходиться вже знезаражена техніка).

На забрудненій зоні виконуються прибиральні роботи, де робиться обробка салону автомобіля, і мийні роботи, де обробляється власне одиниця техніки.

Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексні речовини, кислоти і луги. До перших відносяться порошок СФ-2 і препарати ОП-7, ОП-10; до других - фосфати натрію, трилон Б, щавлева і лимонна кислоти, солі цих кислот.

Через блокпост автомобіль поступає в забруднену зону де проводяться прибирально-мийні роботи, пасажери направляються в душ. В чистій зоні автомобілі і люди проходять дозиметричний контроль, і вирушають далі в дорогу.

Складовою частиною очищення транспорту та людей, що потрапили під вплив радіоактивного опромінення є пункт спеціальної обробки. Організація такого пункту здійснюється на спеціально відведеній території де розміщуються всі необхідні для цього елементи.



I – брудна зона, II – чиста зона; 1 – дозиметричний контроль на в'їзді до ПуСО, 2 – залізобетонні блокпости на дорозі; 3 – ємкості для зберігання дезактивууючого розчину; 4 – в'їзд до ПуСО та висадка пасажирів; дозиметричний контроль при вході в баню; 5 – дозиметричний контроль при вході в баню; 6 – баня і пральня, 7 – місце для очікування, 8 – підводи води з річки; 9 - естакади для мийки автомобілів; 10 – стічні води, 11 – дозиметричний контроль при виїзді з ПуСО; 12 – площадка для пасажирів

Рисунок 4.1 – Організація пункту спеціальної обробки

4.10 Висновки до розділу 4

Розділ присвячено питанням охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, проаналізовано умови праці, виробчу санітарію, виконано розрахунок загального штучного освітлення, запропоновані заходи для захисту від шуму та вібрації, сформовані вимоги з техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки. Р

Розрахований ПуСО для 18 автомобілів на годину, тобто пропускна здатність даного пункту 18 авт./ год., для роботи ПуСО потрібні 4 естакади, 346000 л води для миття автомобілів на 5 днів та 1038 л препарату для дезактивації.

РОЗДІЛ 5

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ

5.1 Обґрунтування вихідних даних для розрахунку

Для проведення розрахунку економічної ефективності проектних розробок на основі аналізу маркетингового середовища підприємства, виконаного в першому розділі даного проекту, визначенні параметри цільового ринку, послуги, вартості нормогодин, а також зовнішні та внутрішні фактори, які будуть забезпечувати задоволення споживачів по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів.

Отже виробнича програма робіт СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» розрахована та представлена в другому розділі дипломного проекту. Загальна трудомісткість робіт по СТО складає – 27720 люд. год. (п. 2.3).

5.2 Визначення фонду заробітної плати

Як правило, розмір заробітної плати розраховується у відповідності з Кодексом законів про працю, діючими генеральною, галузевою, регіональною угодами та колективним договором, що діє на підприємстві. Тарифна ставка робітника першого розряду встановлюється у розмірі, що перевищує законодавчо встановлений розмір мінімальної заробітної плати. Годинна тарифна ставка першого розряду $T_{ст}^1$ визначається за формулою:

$$T_{ст}^1 = \frac{ЗП_{мін}}{НЧ_м} \cdot K_2, \quad (5.1)$$

де $ЗП_{мін}$ – мінімальна заробітна плата, грн. (за основними показниками проекту Держбюджету на 2021 рік, з 1 січня мінзарплата буде становити 6000 грн.);

$НЧ_M$ – місячна норма часу одного працівника, $НЧ_M = 166,8$ год;

K_r – галузевий коефіцієнт, $K_r = 1,1 - 1,2$.

Розмір мінімальної заробітної плати встановлюється Верховною Радою України за поданням Кабінету Міністрів України не рідше одного разу на рік у законі про Державний бюджет України від 28.12.2014 р. N 80-VIII. Місячна норма часу одного робітника та галузевий коефіцієнт визначаються галузевою угодою.

$$T_{ct}^l = \frac{6000}{166,8} \cdot 1,2 = 43,17 \text{ (грн.)}$$

Для розрахунку тарифної ставки інших розрядів T_{ct}^i і складання штатного розкладу використовуються тарифні сітки та тарифно-кваліфікаційні довідники робіт і професій робітників відповідної галузі.

При визначенні тарифних ставок робітників, що зайняті ремонтом автомобілів, враховують співвідношення в оплаті праці різної складності за допомогою тарифних коефіцієнтів:

$$T_{ct}^i = T_{ct}^1 \cdot K_r^i, \quad (4.2)$$

де T_{ct}^i – тарифна ставка і-го розряду, грн. за год;

K_r^i – тарифний коефіцієнт і-го розряду.

Для виконання визначеного обсягу робіт на СТО необхідно мати 7 робітників.

Згідно розподілу робітників наведеному у другому розділі робітники мають: II розряд – 3 чол., III розряд – 2 чол., IV розряд – 2 чол. (див. табл. 2.7). Визначаємо тарифні годинні ставки для кожного розряду робітників:

$$T_{ct}^2 = 43,17 \cdot 1,08 = 46,62 \text{ (грн.)};$$

$$T_{ct}^3 = 43,17 \cdot 1,20 = 51,8 \text{ (грн.)};$$

$$T_{ct}^4 = 43,17 \cdot 1,35 = 58,28 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок фонду заробітної плати ремонтних робітників

Основна заробітна плата ремонтного робітника за тарифом складає:

$$ОЗП^i = \frac{T_p \cdot N_{pi} \cdot ГТС}{N_{pp}}, \quad (5.3)$$

де T_p - трудомісткість, люд. год.;

N_{pi} - кількість ремонтних робітників і-го розряду;

$ГТС$ - годинна тарифна ставка, грн.;

N_{pp} - загальна кількість ремонтних робітників.

$$ОЗП^2 = \frac{27720 \cdot 3 \cdot 46,62}{7} = 133828,2 \text{ (грн.)};$$

$$ОЗП^3 = \frac{27720 \cdot 2 \cdot 51,8}{7} = 99158,4 \text{ (грн.)};$$

$$ОЗП^4 = \frac{27720 \cdot 2 \cdot 58,28}{7} = 111513,6 \text{ (грн.)};$$

Основна заробітна плата робітників зайнятих на роботах ТО і ПР складає:

$$ОЗП^{сум} = 133828,2 + 99158,4 + 111513,6 = 344500,2 \text{ (грн.)}.$$


Аналогічним способом розраховуємо основну заробітну плату допоміжних робітників, загальна трудомісткість допоміжних робіт – 7650 люд. год. (п. 2.4, кількість робітників 4 (2.4):

$$ОЗП^{доп} = \frac{7650 \cdot 4 \cdot 11,265}{4} = 86177,25 \text{ (грн.)}.$$

До фонду додаткової заробітної плати включають різні види доплат, надбавок та премії. Розмір цих доплат встановлюються в розмірах не нижче законодавчо встановлених, у межах коштів, що виділені на оплату праці.

Розмір доплат за роботу у важких та шкідливих умовах праці приймають у розмірі 4-12% від тарифної ставки (окладу), для особливо важких і особливо шкідливих умов праці – 16-24%. Перелік робіт з важкими і шкідливими, особливо важкими і особливо шкідливими умовами праці на підприємствах і в організаціях автомобільного транспорту визначаються Галузевою угодою.

Середній відсоток доплат за важкі і шкідливі умови праці визначається за формулою:



$$B_{\text{ум.пр}}^c = \frac{\sum B_{\text{ум.пр}}^i \cdot P^i}{P_{\text{ш}}}, \quad (5.4)$$

де $B_{\text{ум.пр}}^i$ – відсотки доплат у залежності від i -го виду умов праці, %.

$$B_{\text{ум.пр}}^c = \frac{2 \cdot 4 + 4 \cdot 8 + 4 \cdot 8 + 2 \cdot 12}{18} = 5,3(\%).$$

Сума доплат за важкі і шкідливі умови праці визначається за формулою:

$$D_{\text{ум.пр}} = \frac{B_{\text{ум.пр}}^c}{100} \cdot \text{ОЗП}; \quad (5.5)$$

$$D_{\text{ум.пр}} = \frac{5,3}{100} \cdot 344500,2 = 18258,52 \text{ (грн.)}$$

Для допоміжного персоналу:

$$D_{\text{ум.пр}} = \frac{2}{100} \cdot 86177,25 = 1723,55 \text{ (грн.)}$$


За інтенсивність праці встановлюють доплату у розмірі 12% до тарифної ставки (посадового окладу):

$$D_{ін.пр} = \frac{12}{100} \cdot 03П; \quad (5.6)$$

$$D_{ін.пр} = \frac{12}{100} \cdot 344500,2 = 41340,02 \text{ (грн.)}$$

За високу професійну майстерність робітникам встановлюються диференційовані надбавки залежно від тарифного розряду.

Середній відсоток надбавки за професійну майстерність визначається за формулою:



$$B_{пр.м}^c = \frac{\sum B_{пр.м}^i \cdot P^i}{P_{ш}}, \quad (5.7)$$

де $B_{пр.м}^i$ – відсотки надбавки за професійну майстерність для і-го розряду, %.

$$B_{пр.м}^c = \frac{12 \cdot 8 + 16 \cdot 4 + 20 \cdot 2}{14} = 14,2(\%).$$

Сума надбавки за професійну майстерність визначається за формулою:

$$H_{пр.м} = \frac{B_{пр.м}^c}{100} \cdot 03П; \quad (5.8)$$

$$H_{пр.м} = \frac{14,2}{100} \cdot 344500,2 = 48919,03 \text{ (грн.)}$$

Преміювання робітників здійснюється відповідно до умов колективного договору, що діє на підприємстві.

Премії встановлюються за дострокове виконання і перевиконання плану, підвищення якості робіт, економію матеріалів, зниження трудомісткості робіт тощо. Розрахунок суми премії проводиться за формулою:

$$СП = \frac{ВН}{100} \cdot ЗП_{осн}, \quad (5.9)$$

де $ВН$ – відсоток нарахування премії, %.

$$СП = \frac{20}{100} \cdot 344500,2 = 68900,04(\text{грн.}).$$

Фонд додаткової заробітної плати включає в себе усі види доплат, надбавок, що прийняті на підприємстві, та суму нарахованої премії:

$$ЗП_{дод} = D_{ум.пр} + D_{ін.пр} + H_{пр.м} + СП, \quad (5.10)$$

$$\begin{aligned} ЗП_{дод} &= (18258,52 + 1723,55) + 41340,02 + 48919,03 + 68900,04 = \\ &= 179141,16 (\text{грн.}). \end{aligned}$$

Плановий фонд оплати праці складається з фонду основної заробітної плати та фонду додаткової заробітної плати:

$$ФОП = ЗП_{осн} + ЗП_{дод}. \quad (5.11)$$

$$ФОП = (344500,2 + 86177,25) + 179141,16 = 609818,61 (\text{грн.}).$$

Визначення фонду заробітної плати ІТП. Виходячи із розробленої організаційної структури управління СТО кількість.

Фонд заробітної плати ІТП:

$$\Phi ЗП_{ІТП} = \cdot \Sigma ЗП_{ІТП}, \quad (5.12)$$

де $\Sigma ЗП_{ІТП}$ - сумарна заробітна плата ІТП.

Місячна заробітна плата ІТП і кількість ІТП наведено в табл. 5.1.

Основна заробітна плата складає:

$$\Phi ЗП^{ІТП} = 22800 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо фонд оплати праці по СТО за формулою:

$$\Phi ОП = \Phi ЗП^{раг} + \Phi ЗП^{ІТП}. \quad (5.13)$$

$$\Phi ОП = 609818,61 + 22800 = 632618,61 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.1 – Місячна заробітна плата ІТП і кількість ІТП

Посада	Кількість ,чол.	Заробітна плата, грн.
1. Директор	1	17800
2. Начальник виробництва	1	15850
3. Завідуючий складом	1	12800
4. Майстер приймальник	1	8350
Всього	4	54800

Розмір єдиного соціального внеску $B_{ес}$ розраховують відповідно встановленого відсотка відрахувань, який залежить від класу професійного ризику виробництва, та розміру витрат на оплату праці ($\Phi ОП$):

$$B_{ес} = \frac{BB_{есв}}{100} \cdot \Phi ОП, \quad (5.14)$$

де $BB_{есв}$ – відсоток відрахувань єдиного соціального внеску, %.

$$B_{ес} = \frac{36,76}{100} \cdot 632618,61 = 232550,6 \text{ (грн.)}$$

5.3 Розрахунок матеріальних витрат

На сьогоднішній день ця стаття витрат є одним із основних джерел поліпшення ефективності роботи підприємства.

Матеріальні витрати включають вартість придбаних у сторонніх підприємств і витрачених у процесі операційної діяльності сировини і матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, палива та енергії всіх видів, запасних частин та інших матеріалів. Також при визначенні витрат на матеріали необхідно врахувати наявність понаднормових запасів ресурсів. Для цього використовується коефіцієнт ремонтного фонду $K_{рф}$. Методика розрахунку витрат на матеріали змінюється залежно від об'єкту проектування. Матеріальні витрати визначаються залежно від об'єму робіт і встановленої норми витрат на матеріали (запасні частини) по певному виду робіт. Норми встановлюються керівними документами і можуть коригуватися залежно від рівня зростання цін на відповідний індекс інфляції.

Для міських СТО, матеріальні витрати розраховуються як сума матеріальних витрат автомобілів різних груп, які обслуговуються на СТО [7].

$$MB = \sum \frac{H_{ТО\ і\ ПР}^i \cdot A_{авт}^i \cdot L_{ср} \cdot K_{рф}}{1000}, \quad (5.15)$$

де $H_{ТО\ і\ ПР}^i$ – норма витрат на матеріали (запасні частини) для ТО і ПР на 1000 км пробігу для i -тої групи автомобілів, грн.;

$K_{рф}$ – коефіцієнт ремонтного фонду, $K_{рф} = 1,1$;

$A_{авт}^i$ – кількість автомобілів i -тої групи, що обслуговуються на СТО (в п 1.5.2 спрогнозовано 1,54 тис. автомобілезайздів на 2021 рік, які орієнтовно розіб'ємо за групами автомобілів ($350+650+540 = 1540$ автомобілезайздів), які обслуговуються на СТО);

$$MB = \left(\frac{44,28 \cdot 350 \cdot 10000 \cdot 1,1}{1000} + \frac{62,76 \cdot 650 \cdot 14000 \cdot 1,1}{1000} + \frac{78,46 \cdot 540 \cdot 15000 \cdot 1,1}{1000} \right) = 1497784,2 \text{ (грн.)}$$

5.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

До складу цього елемента витрат включається сума нарахованої амортизації основних засобів.

Амортизаційна політика підприємства регламентується чинним законодавством – діючим Положенням (стандартом) бухгалтерського обліку, яким передбачено, що амортизація основних фондів може нараховуватись із застосуванням різних методів: прямолінійного, прискореного зменшення залишкової вартості, кумулятивного і виробничого. Крім того, підприємство може застосовувати норми і методи нарахування амортизації, передбачені чинним податковим законодавством.

Вибраний підприємством метод амортизації повинен найбільше враховувати його економічні вигоди від використання основних засобів.

Так, згідно з чинним податковим законодавством, норми амортизації встановлюються у відсотках до балансової вартості кожної з груп основних засобів на початок розрахункового кварталу. При цьому виділяють 16 груп основних засобів.

У відповідності з діяльністю підприємства очевидно, що визначення амортизаційних відрахувань необхідно проводити по третій (будівлі, споруди, передавальні пристрої), четвертій (машини та обладнання) і шостій (прилади, інструменти, інвентар) групах основних засобів. Згідно Податкового кодексу для четвертої та шостої груп основних засобів використовується прискорений метод амортизації, а для третьої – можна застосовувати прямолінійний.

Балансову вартість активної частини основних засобів, які відносяться до четвертої та шостої груп (обладнання, машини, устаткування, прилади, інструменти та інвентар) на початок року BV_A визначають:

$$BB_A = B_{з.обл} + B_{к.обл} + B_T + B_M \quad (5.16)$$

де $B_{з.обл}$ – вартість залишеного обладнання, грн.

$$BB_A = 275000 \text{ (грн.)}$$

Суму амортизаційних відрахувань для цієї групи основних засобів можна розрахувати методом прискореного зменшення залишкової вартості за формулою:

$$A_A = \frac{BB_A \cdot H_A \cdot 2}{100}, \quad (5.17)$$

де H_A – норма амортизації, встановлена для даної групи основних засобів (згідно діючих норм), %.

$$A_A = \frac{275000 \cdot 20 \cdot 2}{100} = 110000 \text{ (грн.)}$$

5.5 Розрахунок накладних витрат

Для більш повного відображення у кошторисі усіх витрат, які пов'язані з діяльністю підприємства чи окремого підрозділу за певний період та для калькуляції собівартості окремих видів продукції, робіт та послуг, до складу кошторису витрат включають не тільки прямі витрати, а також інші витрати, що необхідні для здійснення обслуговування та управління виробництва. З цією метою розраховується сума накладних витрат, яка приймається в розмірі 30-50% від основної заробітної плати основного виробничого персоналу.

$$B_H = \frac{BB_H}{100} \cdot 3П_{осн}, \quad (5.18)$$

де BB_H – відсоток накладних витрат, % ($BB_H = 30 - 50\%$).

$$B_H = \frac{30}{100} \cdot 344500,2 = 103350,06(\text{грн.}).$$

5.6 Розрахований кошторис витрат СТО

На основі проведених у розрахунків складається кошторис витрат СТО. Для складання кошторису проводиться підсумок попередньо розрахованих витрат, які містяться у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Кошторис витрат СТО

Статті витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Питома вага, %
Фонд оплати праці	$\Phi ОП$	632618,61	22,6
Єдиний соціальний внесок	$B_{ес}$	232550,6	8,4
Матеріальні витрати	$МВ$	1497784,2	53,3
Амортизація	A_A	110000	12
Накладні витрати	B_H	103350,06	3,7
Разом (річна собівартість робіт)	$\sum S_i$	2576303,47	100,0

Собівартість послуги (вартість 1 нормо-години) визначається за формулою:

$$S = \frac{\sum S_i}{\sum T_p}, \quad (5.19)$$

де $\sum S_i$ – загальні витрати, грн.

$\sum T_p$ – загальна трудомісткість послуг, люд.год.

$$\Sigma T_p = 27720 \text{ люд.год. (п. 1.6, 2.1).}$$

$$S = \frac{2576303,47}{27720} = 92,94(\text{грн.})$$

5.7 Розрахунок показників економічної ефективності проекту

Результативність діяльності СТО ФОП «Плужник Володимир Миколайович» залежить від багатьох факторів, одним з яких є процес ціноутворення. Цінова політика підприємства є складовою стратегії і тактики ринкової поведінки. У ціні товару, роботи чи послуги повинні бути відображені витрати на його виробництво (виконання) і, одночасно, достатній рівень рентабельності, оскільки ціна містить прибуток. Практика діяльності підприємства в умовах ринкової економіки виробила типові, найбільш розповсюджені цінові стратегії та методи ціноутворення.

Планова ціна на виконання одного технічного впливу визначається на основі його собівартості \bar{S}_i та коефіцієнта рентабельності, який визначається підприємством самостійно на основі аналізу поточної ринкової ситуації (цін конкурентів, платоспроможного попиту, середньої ціни та рівня рентабельності по галузі тощо) та бажаного прибутку:

$$C_i = \bar{S}_i \cdot K_{\text{рент}}, \quad (4.20)$$

де C_i – ціна одного технічного впливу i -го виду, грн.;

$K_{\text{рент}}$ – коефіцієнт рентабельності.

$$C_{\text{ПР}} = 92,94 \cdot 1,5 = 139,41(\text{грн.}).$$

Доходи СТО визначаються від всіх видів діяльності.

Доход від надання послуг населенню по ТО і ремонту автомобілів визначається за формулою:


$$D = T_p \cdot T, \quad (4.21)$$

де T_p – загальна трудомісткість послуг, люд. год.;

T – тариф для СТО, грн.

$$D = 27720 \cdot 139,41 = 3864445,2 \text{ (грн.)}$$

Згідно із Законом України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» прибуток підприємства визначається як різниця між отриманими доходами і понесеними підприємством витратами за певний період. Таким чином, балансовий прибуток становить:



$$P_{\text{б}} = D_i - \sum S_i. \quad (4.22)$$

$$P_{\text{б}} = 3864445,2 - 2576303,47 = 1288141,73 \text{ (грн.)}$$

Найбільш поширеним критерієм оцінки ефективності діяльності підприємств є показник рентабельності, який відображає рівень прибутковості діяльності підприємства в цілому, його окремих складових, продукції, робіт чи послуг або певного проекту і визначається як співвідношення одержаного підприємством балансового або чистого прибутку за аналізований період до величини вкладених, затрачених ресурсів:

$$P = \frac{P_{\text{б}}}{\sum S_i} \cdot 100\%. \quad (4.23)$$

$$P = \frac{1288141,73}{2576303,47} \cdot 100 = 49\%.$$

Економічна ефективність визначається в результаті зіставлень додаткових капітальних вкладень та економії на собівартості одиниці наданих послуг.

Отже додаткові капітальні вкладення, або поточна вартість витрат, необхідних для вдосконалення виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування автомобілів ФОП «Плужник Володимир Миколайович» м. Христинівка і модернізації обладнання дільниці, де виконують ремонт АКПП, з урахуванням таких поточних і інвестиційних витрат:

- витрат на ремонтні роботи – 6500 грн.;
- витрат на придбання обладнання, інструменту, приладів, інвентарю, запасних частин – 10600 грн.;
- витрат на підготовку робочого проекту для модернізації дільниці з ремонту АКПП – 1950 грн.;
- витрат на встановлення і ремонт, наладку та освоєння модернізованого обладнання – 4600 грн.;
- витрат на створення виробничих площ, безпосередньо пов'язаних з комерціалізацією розробок – 2100 грн.;
- витрат на набір і навчання персоналу – 1200 грн.;
- витрат на засоби підвищення безпеки при роботі з обладнанням (встановлення захисного кожуха) – 1500 грн.;
- інших видатків – 650 грн.

Таким чином поточна вартість витрат становить – 29100 грн. (K) (за рахунок вкладення всіх коштів одноразовою виплатою).

Вона визначається, як термін окупності капітальних вкладень за формулою:

$$T_0 = \frac{K}{\Delta\Pi}, \quad (5.24)$$

$$T_0 = \frac{29100}{1288141,73} = 0,023 \text{ (років)}$$

де K – величина капітальних вкладень, грн.;

$\Delta\Pi$ - приріст прибутку підприємства.

Розрахунок економічної ефективності проектних рішень представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок економічної ефективності проектних рішень

Показник	Значення
Додаткові капітальні вкладення, грн.	29100
Амортизаційні відрахування придбаних ОВФ, грн.	110000
Загальна сума виробничих витрат, грн.	2576303,47
Питомі накладні витрати, грн.	103350,06
Приріст прибутку підприємства, грн.	1288141,73
Термін окупності капіталовкладень, роки	0,023

5.8 Розрахунок рівня комерціалізації проектних рішень

Поточна вартість прибутків PV з врахуванням строку окупності проекту (3 роки), планованим надходженням прибутків в розмірі 1288141,73 грн. і ставкою дисконтування в 10 % становить:

$$PV = \sum_{i=0}^n PV_i \quad (5.25)$$

$$PV = \frac{1288141,73}{(1+0,1)^1} + \frac{1288141,73}{(1+0,1)^2} + \frac{1288141,73}{(1+0,1)^3} = 3203417,83 \text{ (грн.)}$$

Відповідно, оцінка суми поточної вартості прогнозованого, з урахуванням бар'єрної ставки (ставки дисконтування), грошового потоку NPV становить:

$$NPV = PV - I \text{ (грн.)} \quad (4.26)$$

$$NPV = 3203417,83 - 1288141,73 = 1915276,096 \text{ (грн.)}$$

Для попередньої оцінки проекту розробки (за рекомендаціями науковців) можна використовувати такий показник, як приведений оціночний ефект (ПОЕ), який можна розрахувати на підставі аналізу проекту. Розраховують за формулою:

$$ПОЕ = \sum_{e=1}^{ЖЦП} \frac{BP + LB + CP \pm EP - PV + A - B}{(1 + r_{fkmn})^t}, \quad (5.27)$$

де BP – виручка від реалізації на внутрішньому та зовнішньому ринках нової продукції в реальних цінах, 1288141,73 грн.;

LB – виторг від продажу майна по ліквідаційній вартості та інтелектуальної власності, що створюється учасниками проекту в ході його реалізації, 0 грн.;

CP – вартісна оцінка соціального результату проекту, розрахована в частині, що відноситься до працівників підприємства та членів сімей, 620 грн.;

EP – вартісна оцінка екологічного результату проекту у розмірі зменшення плати за забруднення навколишнього середовища, 750 грн.;

PV – поточні витрати проекту, у складі яких враховується орендна плата за основні засоби, які тимчасово використовуються в процесі здійснення проекту, якщо вони не враховуються в одноразових витратах, та оцінка витрат на заробітну плату працівників, 550 грн.;

A – амортизаційні відрахування, 110000 грн. (10%);

B – обсяг вкладень потрібних для реалізації проекту, 29100 грн.;

r_{fkmn} – ставка дисконту, що характеризує максимально можливу прибутковість альтернативних джерел вкладення, 10%;

$ЖЦП$ – життєвий цикл проекту (планований) – 3 роки.

$$ПОЕ = \frac{1369861,73}{(1+0,1)^1} + \frac{1369861,73}{(1+0,1)^2} + \frac{1369861,73}{(1+0,1)^3} = 3406643,37 > 0.$$

Критерієм прийнятності для подальшого розгляду проекту є значення $ПОЕ > 0$. У випадку, коли $ПОЕ < 0$, розробки здійснювати недоцільно як такі, що мають ознаку неприбутковості. Доцільність реалізації розробки може бути повторно розглянута після внесення певних корегувань у саму розробку, засоби чи спосіб її упровадження.

З метою визначення ефективності інвестицій у відносному значенні (%) використовуються зазначені нижче показники:

Модифікована (скоригована з урахуванням бар'єрної ставки та норми реінвестиції) внутрішня норма прибутковості (рентабельності) *MIRR* (Modified Internal Rate Of Return), тобто норма прибутку, при якій чиста поточна вартість інвестиції дорівнює нулю, або ставка дисконту, при якій дисконтовані прибутки від проекту рівні інвестиційним видаткам (показник визначає максимально прийнятну ставку дисконту, за якої можна інвестувати кошти без будь-яких втрат для власника) розраховується з формули:

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n CF_t \times (1+d)^{n-t}}{(1+MIRR)^n}, \quad (5.28)$$

де CF_i - доходи i -го періоду;

d – рівень реінвестицій, визначений як частка одиниці (відсоткова ставка, заснована на можливих доходах від реінвестиції отриманих позитивних грошових потоків, або норма рентабельності реінвестицій) – 10%.

$$(1+MIRR)^3 = \frac{1288141,73(1+0,1)^2 + 1288141,73(1+0,1) + 1288141,73}{29100/1} = 146,52;$$

$$(1+MIRR)^3 = 146,52, \text{ отже } MIRR = 427\%.$$

Проект є прийнятним для ініціатора, якщо *MIRR* більша бар'єрної ставки. Після розрахунку можна зробити висновок, що проект слід приймати тому, що модифікована внутрішня норма доходності проекту 427% більше за ставку дисконтування (10 %). Дисконтований індекс прибутковості *DPI* – відношення суми всіх дисконтованих грошових потоків (доходів від інвестиції) до дисконтованих інвестиційних витрат. Критерієм прийнятності є значення $DPI \geq 1$ ($DPI < 1$ свідчить про збитки; при $DPI = 1$ немає ні прибутків, ні збитків; при $DPI > 1$ впровадження є прибутковим). Формула для розрахунку дисконтованого індексу прибутковості:

$$DPI = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (5.29)$$

$$DPI = \frac{1288141,73(1+0,1) + 1288141,73(1+0,1)^2 + 1288141,73(1+0,1)^3}{29100} = 161,173.$$

Розрахунок DPI вказує на те, що наш проект є прибутковим ($161,173 > 1$). Даний показник дозволяє ранжувати проекти, які мають приблизно однакові значення NPV , але різні обсяги необхідних інвестицій. У цьому випадку вигідніший той з них, що забезпечує більшу ефективність вкладень.

Для оцінки фінансових ризиків використовуються наступні показники:

1) Час, необхідний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей $PV\text{-payback}$ (роки). Значення $PV\text{-payback}$ має бути мінімальним. Загальна формула для розрахунку терміну окупності інвестицій в поточній вартості:

$$PV\text{-payback} = n, \text{ при якому } \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} > I_0. \quad (5.30)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \frac{1288141,73}{(1+0,1)} = 1171037,9, \quad PV\text{-payback} = 1 \text{ рік}$$

2) Коефіцієнт безпеки фінансування проекту (F_{sec}) – показник, який може набувати значення від 0 до 1, що характеризує відносну міру резерву безпеки проекту, використовується для оптимізації структури джерел фінансування проекту та розраховується за формулою:

$$F_{sec} = \frac{IRR - WACC}{IRR}, \quad (5.31)$$

де IRR – внутрішня норма прибутковості,

$WACC$ – середньозважена вартість капіталу.

Різниця (*IRR-WACC*) характеризує запас фінансової стійкості проекту.

Внутрішня норма прибутковості (*IRR*) – норма прибутку (ставка дисконтування), при якій чиста поточна вартість інвестиції дорівнює нулю, або така ставка дисконту, при якій дисконтовані доходи від проекту рівні інвестиційним витратам. Внутрішня норма прибутковості визначає максимально прийнятну ставку дисконту, за якої можна інвестувати кошти без будь-яких втрат для власника. Її значення знаходять з формули:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t - I_t}{(1 + IRR)^t} = 0. \quad (4.32)$$

Або за допомогою функції ВСД в MS Excel. $IRR = 4427\%$.

Середньозважена вартість капіталу (*WACC*, %) використовується для визначення можливості збільшення прибутковості компанії при реалізації певних інвестицій, стратегій, проектів.

Середньозважена вартість капіталу може бути розрахована за формулою:

$$WACC = \frac{E \cdot y + D \cdot b \cdot (1 - R_{tax})}{D + E}, \quad (5.33)$$

$$WACC = \frac{29100 \cdot 0,12 + 0(1 - 0,06)}{29100} = 0,12 = 12\%.$$

де E – обсяг власного капіталу (29100 грн.),

D – обсяг запозичених коштів (0 грн.),

Y – необхідна або очікувана прибутковість від власного капіталу (10%),

B – необхідна або очікувана прибутковість від запозичених коштів (10%),

R_{tax} – ставка податку на прибуток для компанії (6%).

Якщо в капіталі присутні привілейовані акції зі своєю вартістю, то необхідно ввести в формулу додаткові складові для кожного джерела капіталу.

$$F_{\text{sec}} = \frac{4427 - 12,0}{4427} = 0,997.$$

Отже майже максимальне значення даного коефіцієнту ($F_{\text{sec}} = 0,997$) свідчить про максимально прийнятну структуру проекту джерел фінансування.

Отже, можна зробити висновки: час, необхідний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей складає менше одного року, що є прийнятним і влаштовує керівника підприємства, показник *DPI* вказує на те, що наш проект є прибутковим ($161,173 > 1$), за показником *MIRR* проект є прийнятним для ініціатора тому що *MIRR* більший бар'єрної ставки ($427\% > 10\%$).

5.9 Висновки до розділу 5

В розділі визначено фонд заробітної плати на СТО, проведено розрахунок матеріальних витрат, амортизаційних відрахувань, накладних витрат, був розрахований кошторис витрат СТО, виконано розрахунок показників економічної ефективності проекту та рівня комерціалізації проектних рішень: час, необхідний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей складає менше одного року, що є прийнятним і влаштовує керівника підприємства, показник *DPI* вказує на те, що наш проект є прибутковим ($161,173 > 1$), за показником *MIRR* проект є прийнятним для ініціатора тому що *MIRR* більший бар'єрної ставки ($427\% > 10\%$), а розрахований економічний ефект складає 69500,6 грн на рік.

ВИСНОВКИ

Виконана порівняльна оцінка технічних характеристик, вартості, складності конструкції автоматичних коробок перемикання передач у співставленні з механічною коробкою перемикання передач. Показано, що найефективнішою на сьогодні за критерієм вартість-якість для застосування у легкових автомобілях є роботизована коробка перемикання передач з двома зчепленнями.

Проаналізовані види зчеплень і приводи їх вмикання-вимикання. Обґрунтована доцільність застосування у роботизованих коробках перемикання передач гідравлічного приводу, як найкомпактнішого, швидкодійного і великої питомої потужності.

Здійснено наліз масогабаритних параметрів і силових характеристик автоматичних коробок перемикання передач сучасних автомобілів, а саме. Показано, що оптимальною на сьогодні для застосування у легкових автомобілях різних класів є роботизована коробка перемикання передач з двома зчепленнями.

На основі аналізу процесів вмикання-вимикання фрикційної муфти зчеплення показано, що ефективність роботи роботизованої коробки перемикання передач істотно залежить від швидкодії і плавності роботи зчеплення.

Проведено розрахунок основних параметрів подвійного зчеплення для роботизованої коробки перемикання передач на прикладі автомобіля Volkswagen Golf 1.4 TSI. Побудовані динамічні моделі трансмісії з роботизованою коробкою перемикання передач з двома зчепленнями у перехідних режимах роботи - вмиканні при русанні автомобіля з місця і перемиканні передачі з нижчої на вищу.

Розроблені алгоритм і програма для комп'ютерного моделювання процесів пробуксовування фрикційних муфт зчеплення у роботизованій коробці перемикання передач у перехідних режимах роботи.

Здійснено моделювання і проведено аналіз пробуксовування зчеплення при русанні автомобіля з місця і перемиканні передачі з нижчої на вищу. Показано, що процес вмикання зчеплення є коливним процесом, характер протікання якого залежить від масових і жорсткісних характеристик трансмісії, тривалості спрацювання

зчеплення. Зі зменшенням тривалості вмикання зчеплення з 0,02 до 0,2 с (за інших однакових умов) крутний момент у валопроводах трансмісії зростає в понад 1,5 рази. Збільшення тривалості вмикання зчеплення зменшує динамічні навантаження у трансмісії, але призводить до затримки в перемиканні передач. Суміщення роботи двох зчеплень дозволяє більш плавно і швидко перемикати передачі у преселективній коробці перемикання передач, покращати комфортність керування автомобілем.

Досліджено вплив тертя між виступами фрикційних дисків та шліцьовими пазами у багатодисковому зчепленні на величину потрібної сили притискання дисків для забезпечення передачі заданого крутного моменту. Показано, що в сухому багатодисковому зчепленні при кількості дисків понад 10 величина сили їх взаємного притискання зростає в 1,34 рази, а в мокрому зчепленні - майже в 1,2 рази, що потрібно враховувати при розрахунку конструктивних параметрів зчеплення.

Розроблені динамічні й математичні моделі, можна застосовувати для попереднього дослідження й аналізу роботи зчеплень у роботизованих коробках перемикання передач з метою оптимізації їх параметрів і експлуатаційних характеристик.

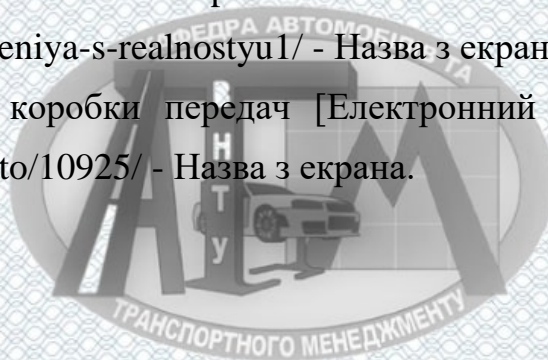
Розрахований ПуСО для 18 автомобілів на годину, тобто пропускна здатність даного пункту 18 авт./ год., для роботи ПуСО потрібні 4 естакади, 346000 л води для миття автомобілів на 5 днів та 1038 л препарату для дезактивації.

Виконано розрахунок показників економічної ефективності проекту та рівня комерціалізації проектних рішень: час, необхідний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей складає менше одного року, що є прийнятним і влаштовує керівника підприємства, показник DPI вказує на те, що наш проект є прибутковим ($161,173 > 1$), за показником MIRR проект є прийнятним для ініціатора тому що MIRR більший бар'єрної ставки ($427\% > 10\%$), а розрахований економічний ефект складає 69500,6 грн на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В.В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт / Уклад. В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 65 с.
2. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / [Формальчик Є.Ю., Оліскевич і ін.]. Л., Афіша, 2004. – 492 с.
3. Салов А.И. Охрана праці на підприємствах автомобільного транспорту / Салов А.И. – М.: Транспорт, 1985. – 351 с.
4. The DSG Dual-Clutch Gearbox Environmental Commendation. Volkswagen AG, Group Research, Environment Product, 38436 Wolfsburg, Germany.
5. Кужель В.П. Аналіз переваг та недоліків сучасних автоматичних коробок перемикачів передач / Кужель В.П., Оринський І.А. // Наукові Праці XIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Житомир, 26-28 жовтня 2020 року. Режим доступу: <https://news.ztu.edu.ua/2020/11/hiii-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiya-suchasni-tehnologiyi-ta-perspektyvy-rozvytku-avtomobilnogo-transportu/>
6. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю: ДСТУ 3649:2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.insat.org.ua/files/project/dstu_3649. — Назва з екрана.
7. Силовые агрегаты ЯМЗ –236НЕ2, ЯМЗ –236НЕ, ЯМЗ –236Н, ЯМЗ –236БЕ2, ЯМЗ –236БЕ, ЯМЗ –236Б: руководство по эксплуатации 236Н – 3902150РЭ. - Ярославль.: ОАО «Авто - дизель» (Ярославский моторный завод), 2008. – 350с.
8. Кузнецов Е.Ф. Маслоохладители из труб с низкими спиральными ребрами / Кузнецов Е.Ф., Мин Р.И., Шахнович И.Е. "Энергомашиностроение", № 11, 1995. – 284с.
9. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / Новицкий П.В. Зограф А.Л. – Л.: "Энергоатомиздат", 1985. – 137 с.
10. Описание коробки передач ДСГ 6 и 7 на Фольксвагене. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autodvig.com/kpp/korobka-dsg-6-na-folkswagen-54568/#ixzz6fJfD4C14> - Назва з екрана.

11. Що собою являє коробка передач Тіптронік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://autodriving.net/tiptronik-shho-ce-take-i-dlya-chogo/> - Назва з екрана.
12. The SensoDrive Gearbox - My Citroën Diecast Model Collection [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mycitroendiecastmodelcollection.weebly.com/the-sensodrive-gearbox.html> - Назва з екрана.
13. Роботизированная коробка передач FORD Fusion (коробка-робот) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.fusionguru.ru/articles/korobka_pereklyuchenija_peredach_sceplenie/Podrobnoe_opisanie_Durashift_EST.htm - Назва з екрана.
14. Коробка передач Audi Multitronic [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skodakodiaq.club/korobka-peredach-audi-multitronic-pechalno-izvestna-my-putaem-obshhie-mneniya-s-realnostyu1/> - Назва з екрана.
15. Роботизовані коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.media/auto/10925/> - Назва з екрана.





ДОДАТКИ