

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АТ-47.00.00.000 ПЗ

Група АТм-24-1

Дмитро БАГИРА

2025

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Багира Дмитро Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 665.71
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**Тема: Дослідження техніко-економічних показників
ефективності застосування трансмісійних оливо для автоматичних
безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-
комерційної фірми «ВСК»**
(назва роботи)

Автомобільний транспорт
(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Д.В. Багира

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Мельник Василь Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Криштопа С.І.

(підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра автомобільного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність: 274 “Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри АТ

Проф. _____ С.І. Криштопа

“ ___ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Студенту _____ Багірі Дмитру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: Дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-комерційної фірми «ВСК».

керівник роботи _____ Мельник В.М., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” грудня 2025 року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 19.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

4.1 ВСТУП. 4.2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО ПВКФ «В.С.К.». 4.2.1 Загальні дані про СТО ПВКФ «В.С.К.». 4.2.2 Асортимент моделей автомобілів, що обслуговуються на СТО. 4.2.3 Функціональна схема організації ТО і ремонту на СТО. 4.2.4 Особливості ТО і ПР автоматичної трансмісії CVT. 4.3 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ У ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСМІСІЙ CVT. 4.3.1 Огляд основних показників ефективності роботи безступінчастої трансмісії (CVT). 4.4 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ, КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ АВТОМАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ. 4.4.1 Стан та особливості використання автоматичних трансмісій. 4.4.2 Автоматизована механічна трансмісія (АМТ). 4.4.3 Гідродинамічна механічна трансмісія (НМТ). 4.4.4 Безступінчаста автоматизована трансмісія (CVT). 4.5 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ БЕЗСТУПІНЧАТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT). 4.5.1 Дослідження економічних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT). 4.5.2 Дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT). 4.6 ВИСНОВКИ. 4.7 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. 4.8 ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.

5. Перелік графічного матеріалу _____

5.1 Презентаційні плакати в PowerPoint. _____

Консультанти по магістерській роботі із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Прунько І.Б.		

7. Дата видачі завдання 28.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	4.1 ВСТУП. 4.2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО ПВКФ «В.С.К.». 4.2.1 Загальні дані про СТО ПВКФ «В.С.К.». 4.2.2 Асортимент моделей автомобілів, що обслуговуються на СТО. 4.2.3 Функціональна схема організації ТО і ремонту на СТО. 4.2.4 Особливості ТО і ПР автоматичної трансмісії CVT.	01.12.2025 р.	
2	4.3 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ У ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСМІСІЙ CVT. 4.3.1 Огляд основних показників ефективності роботи безступінчастої трансмісії (CVT).	05.12.2025 р.	
3	4.4 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ, КОНСТРУКЦІ І ПРИНЦИПУ ДІЇ АВТОМАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ. 4.4.1 Стан та особливості використання автоматичних трансмісій. 4.4.2 Автоматизована механічна трансмісія (АМТ). 4.4.3 Гідродинамічна механічна трансмісія (НМТ).	08.12.2025 р.	
4	4.4.4 Безступінчаста автоматизована трансмісія (CVT). 4.5 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ БЕЗСТУПІНЧАТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT). 4.5.1 Дослідження економічних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).	11.12.2025 р.	
5	4.5.2 Дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).	15.12.2025 р.	
6	4.6 ВИСНОВКИ. 4.7 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. 4.8 ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.	19.12.2025 р.	
7	Готовність роботи до попереднього захисту.	19.12.2025 р.	

Студент Дмитро БАГИРА
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

Керівник Василь МЕЛЬНИК
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі на тему «Дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-комерційної фірми «ВСК» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері ефективності застосування трансмісійних олив та особливостей експлуатації автоматичних трансмісій, досліджено техніко-економічні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

З результатів досліджень, оцінюючи в'язкісно-температурні властивості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT за індексом в'язкості найефективнішою буде олива фірми Elf з показником 206, а найменш ефективною є олива виробництва Motul із значенням індексу в'язкості 180.

Досить непоганими в'язкісно-температурними властивостями володіють також оливи Mitsubishi, Honda, Toyota та Nissan для яких індекс в'язкості знаходиться в межах 198-205 од, а тому вони теж рекомендовані для застосування в автоматичних трансмісій CVT.

З точки зору вартості поза конкуренцією трансмісійна олива бренду Mobil, проте за експлуатаційними показниками можна рекомендувати для застосування оливи виробників Mitsubishi, Honda та Elf.

Ключові слова: моторна олива, показники якості, в'язкісно-температурні властивості, виробники, автомобіль.

ABSTRACT

In my master's thesis on the topic "Research into the technical and economic indicators of the effectiveness of the use of transmission oils for automatic continuously variable transmissions (CVT) in the conditions of the Private Production and Commercial Company "VSK"", I conducted a study of literary sources in the field of the effectiveness of the use of transmission oils and the features of the operation of automatic transmissions, and investigated the technical and economic indicators of the effectiveness of the use of transmission oils for automatic continuously variable transmissions (CVT).

According to the results of the research, evaluating the viscosity-temperature properties of the tested oils for automatic CVT transmissions by viscosity index, the most effective will be the oil from Elf with an index of 206, and the least effective is the oil produced by Motul with a viscosity index of 180.

Mitsubishi, Honda, Toyota and Nissan oils also have quite good viscosity-temperature properties, for which the viscosity index is within 198-205 units, and therefore they are also recommended for use in automatic CVT transmissions.

From the point of view of cost, Mobil brand transmission oil is out of competition, however, in terms of operational indicators, oils from Mitsubishi, Honda and Elf manufacturers can be recommended for use.

Keywords: motor oil, quality indicators, viscosity-temperature properties, manufacturers, car.

ABSTRAKT

In meiner Masterarbeit zum Thema „Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Indikatoren für die Effektivität des Einsatzes von Getriebeölen für stufenlose Automatikgetriebe (CVT) im Unternehmen VSK“ habe ich Literaturquellen zur Effektivität von Getriebeölen und den Besonderheiten der Funktionsweise von Automatikgetrieben ausgewertet und die technischen und wirtschaftlichen Indikatoren für die Effektivität des Einsatzes von Getriebeölen für stufenlose Automatikgetriebe (CVT) untersucht.

Den Ergebnissen der Untersuchung zufolge ist bei der Bewertung der Viskositäts-Temperatur-Eigenschaften der getesteten Öle für CVT-Automatikgetriebe anhand des Viskositätsindex das Öl von Elf mit einem Index von 206 am effektivsten, während das Öl von Motul mit einem Viskositätsindex von 180 am wenigsten effektiv ist. Öle von Mitsubishi, Honda, Toyota und Nissan weisen ebenfalls gute Viskositäts-Temperatur-Eigenschaften auf (Viskositätsindex zwischen 198 und 205) und sind daher ebenfalls für den Einsatz in CVT-Automatikgetrieben empfehlenswert.

Aus Kostensicht ist das Getriebeöl der Marke Mobil unschlagbar. Hinsichtlich der Betriebskennwerte sind jedoch Öle der Hersteller Mitsubishi, Honda und Elf empfehlenswert.

Schlüsselwörter: Motoröl, Qualitätsmerkmale, Viskositäts-Temperatur-Eigenschaften, Hersteller, Auto.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО ПБКФ «В.С.К.».....	9
1.1 Загальні дані про СТО ПБКФ «В.С.К.».....	9
1.2 Асортимент моделей автомобілів, що обслуговуються на СТО.....	10
1.3 Функціональна схема організації ТО і ремонту на СТО.....	11
1.4 Особливості ТО і ПР автоматичної трансмісії CVT.....	15
2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ У ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСМІСІЙ CVT.....	17
2.1 Огляд основних показників ефективності роботи безступінчастої трансмісії (CVT).....	17
3 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ, КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ АВТОМАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ.....	23
3.1 Стан та особливості використання автоматичних трансмісій.....	23
3.2 Автоматизована механічна трансмісія (АМТ).....	29
3.3 Гідродинамічна механічна трансмісія (НМТ).....	31
3.4 Безступінчаста автоматизована трансмісія (CVT).....	35
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ БЕЗСТУПІНЧАТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT).....	38
4.1 Дослідження економічних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).....	38
4.2 Дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).....	40
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.....	57

					МР.АТ-47.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-комерційної фірми «ВСК»	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Багира Д.В.					6	71
Перевір.		Мельник В.М.						
Реценз.								
Н. контр.		Прунько І.Б.						
Затверд.		Криштопа С.І.				ІФНТУНГ, АТм-24-1		

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах експлуатації автомобілів, особливо в мегаполісах, істотну частку режимів складають малі навантаження і холостий хід. Робота на таких режимах супроводжується підвищеними питомими витратами палива і мастила, підвищеним навантаженням на трансмісію і т.д.

Ефективність олів для варіаторів (CVT) забезпечується їхньою здатністю захищати трансмісію від зносу, забезпечувати плавне перемикання передач і продовжувати термін служби за рахунок специфічних властивостей. Ефективне використання цих трансмісійних олів залежить від їхнього правильного вибору відповідно до специфікацій виробника автомобіля, що гарантує захист, оптимальне тертя, стійкість до окислення та сумісність з ущільненнями.

Метою роботи є дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олів для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах ПБКФ «ВСК».

Зазначена мета досягається вирішенням таких завдань.

1. Провести аналіз основних показників ефективності роботи безступінчастих автоматичних трансмісій CVT.
2. Здійснити огляд стану питання використання основних типів автоматичних трансмісій.
3. Виконати дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).
4. Дослідити експлуатаційні показники використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

Об'єкт дослідження – трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) основних брендів.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження – економічні та експлуатаційні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

Методи дослідження. У роботі застосовані розрахунково-експериментальні методи дослідження.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

В роботі виконано дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах ПМКФ «ВСК»; наведено висновки до роботи та подано перелік використаних джерел.

Наукова новизна. Проведено порівняльний аналіз техніко-економічних показників трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) основних виробників та здійснено рекомендації щодо їх застосування.

Методи дослідження. Під час проведення експериментальних досліджень та обробки результатів застосовувалися методи найменших квадратів та математичної статистики.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підібрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, в тому числі досліджено техніко-економічні та експлуатаційні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT), узагальнено та сформульовано висновки.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО ПВКФ «В.С.К.»

1.1 Загальні дані про СТО ПВКФ «В.С.К.».

Фірма «В.С.К.» працює за принципом «Усе для клієнта». Місія компанії «В.С.К.» надавати максимальний комфорт і сучасні технології сьогоднішнім і майбутнім власникам автомобілів групи Renault. Для комфорту та зручності клієнтів поряд із автосалоном розташований сервісний центр, площею 800 кв.м., оснащений найсучаснішим обладнанням та спеціалізованим інструментом, де можна провести якісне гарантійне та післягарантійне обслуговування автомобілів та скористатися привабливими пропозиціями фірмового магазину та аксесуарів.

Обслуговуючий персонал фірми ПВКФ «В.С.К.» повністю відповідає кваліфікаційним вимогам Renault та періодично проходить навчання та стажування в навчальному центрі в м. Києві.

Спектр послуг який ми пропонуємо включає:

- продаж авто;
- післягарантійне обслуговування;
- продаж запасних частин та аксесуарів;
- спеціальні кредитні програми «RENAULT FINANCE»
http://www.vsk.renault.ua/credit/about_RF/ (розроблені компанією Renault України і RCI Financial Services Ukraine спільно з банком «Credit Agricole»);
- автомийка та шиномонтаж;
- розвал- сходження коліс;
- фарбувальний цех.

Автосалон Renault знаходиться в м. Івано-Франківськ по вул. Хриплинська, 5А.

Дане підприємство межує з автомобільною мийкою та вільними ділянками, які можна викупити або орендувати в процесі розширення виробництва, воно займає територію 1800 м².

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Станція технічного обслуговування ВСК «РЕНО» є універсальною станцією, тобто тут обслуговують автомобілі різних марок. На даному підприємстві є такі працівники: один генеральний директор, три бухгалтери, головний майстер (головний механік), який наглядає за виробничим процесом, дванадцять виробничих працівників, слюсарів авто ремонтників III - го розряду, які виконують роботи в зоні поточного ремонту так і в зоні технічного обслуговування.

На приватній фірмі ВСК «РЕНО» є 8 – постів технічного обслуговування і поточного ремонту.

Станція технічного обслуговування яка починає свій робочий день о 8⁰⁰ а закінчує роботу в 17⁰⁰ год., з 13⁰⁰ до 14⁰⁰ год. введено обідню перерву, вихідний день - неділя. Всі структурні підрозділи працюють згідно з наведеним вище графіком.

СТО призначено для комплексного обслуговування і ремонту легкових автомобілів, та мікроавтобусів всіх марок приватних осіб, підприємств та установ в м. Івано-Франківську та прилеглих районах області, а також, передпродажної підготовки, продажу і гарантійного обслуговування автомобілів.

Тут надають такі послуги з ремонту автомобілів: ремонт ходової частини автомобілів, ремонт кузова, заміна різних агрегатів, зміна олив, ремонт електрообладнання, зварні роботи, фарбування.

1.2 Асортимент моделей автомобілів, що обслуговуються на СТО.

На СТО ПБКФ «В.С.К.» обслуговуються в основному автомобілі різних класів бренду Renault, хоча надаються також послуги з обслуговування інших марок.

Оскільки в нашому регіоні найпоширеніша по продажу та обслуговуванні

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Функціональна схема організації ТО і ремонту на СТО.

Режим ТО конкретного автомобіля регламентується сервісною книжкою, що входить до комплексу документів, які надають власнику транспортного засобу при його купівлі. У сервісній книжці вказуються рекомендовані заводом-виробником періодичність обслуговування та приблизний перелік робіт.

Залежно від кількості та рівня спеціалізації робочих постів розрізняють дві форми організації виконання робіт з ТО та ремонту автомобілів: на універсальних та спеціалізованих робочих постах.

Поточний метод передбачає виконання робіт на кількох, послідовно розташованих, спеціалізованих постах, що утворюють лінію. Поточний метод застосовують лише для ТО.

Для потокового методу обслуговування характерні розташування постів у суворій технологічній послідовності один за одним; постійне закріплення операцій за робочими місцями; синхронізація робіт на кожному посту; безперервне та одночасне здійснення всього технологічного процесу.

На СТО ПБКФ «В.С.К.» ТО та ремонт рухомого складу виконуються на універсальних тупикових паралельно розташованих постах, обладнаних двостійковими електрогідравлічними (електромеханічними) підіймачами.

При обслуговуванні на універсальних постах весь обсяг робіт даного виду технічного впливу виконується на одному посту, крім операцій з прибирання та миття автомобіля, які за будь-якої організації процесу обслуговування виконуються на ділянці ПМР. В'їзд автомобіля на пост здійснюється переднім ходом, а з'їзд з поста – заднім.

На універсальному посту роботи можуть виконуватися групою робітників усіх спеціальностей (слюсарів, мастильників, електриків) або робітників-універсалів високої кваліфікації.

					МР.АТ-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

На кожному універсальному посту можливе виконання різного обсягу робіт, що дозволяє одночасно обслуговувати різнотипні автомобілі та виконувати поточний ремонт.

Під час обслуговування автомобілів на спеціалізованих постах на кожному з них виконується частина всього комплексу робіт цього виду ТО, що вимагають однорідного обладнання та відповідної спеціалізації робітників. Організація виконання робіт на спеціалізованих постах усуває недоліки, притаманні обслуговуванню та ремонту на універсальних постах.

Проїзні спеціалізовані пости застосовуються тільки на ділянках приймання-видачі автомобілів та діагностики.

На СТО спеціалізованими постами є пости з регулювання кутів установки керованих коліс, регулювання зовнішніх світлових приладів та світлової сигналізації, ручного або механізованого миття автомобілів та прибирання салону, правки кузовів автомобілів та фарбувальна камера. Ці пости призначені для проведення певного виду робіт та оснащуються дорогим обладнанням, що забезпечує виконання виробничої програми.

Роботи з поточного ремонту автомобілів виконуються на постах та у виробничих підрозділах. У виробничих відділеннях ремонтуються деталі, вузли та агрегати зняті з автомобіля. Потреба проведення поточного ремонту виявляється під час проведення діагностики із застосуванням контрольно-діагностичного обладнання, візуально або за заявкою водія.

Зняті з автомобіля у зонах ТО та ТР вузли та агрегати для подальшого ремонту та додаткової діагностики направляються до відділень відповідно з їхньою спеціалізацією.

Схема загальної організаційної структури наведена на рис. 1.1.

На станції технічного обслуговування працюють: 38 працівники, 8 чол. управлінські працівники, 25 чол. виробничий персонал.

Директор крім виконання своїх прямих обов'язків повинен координувати дії своїх підлеглих, а також стежити за якістю виконання робіт, оформляти

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Після приймання автомобіль спрямовують на відповідну виробничу ділянку. У випадку зайнятості робочих постів, на яких повинні виконуватися роботи згідно наряд-замовленню, автомобіль поступає на автомобіле-місце очікування або зберігання, а звідти, у міру звільнення постів, прямує на ту або іншу виробничу ділянку. Після завершення робіт автомобіль поступає на ділянку видачі.

Перед видачею власнику автомобіль, що пройшов ТО або ремонт, повинен бути прийнятий технічним контролером. На виконання роботи по ТО і ремонту на СТО встановлені наступні терміни гарантії: ТО-10 днів, ПР - 30 днів, фарбування кузова - 6 міс.

СТО безвідплатно усуває дефекти, виявлені в перебіг гарантійних термінів, при дотриманні замовником вимог по експлуатації і догляду за автомобілем.

1.4 Особливості ТО і ПР автоматичної трансмісії CVT.

Безступінчатий варіатор CVT прийшов на Renault від братів по альянсу Nissan. Це японський агрегат компанії Jatco. Принцип роботи тут зовсім інший – передавальне співвідношення постійно змінюється. Щоправда, дотримуючись побажань водіїв, яким не подобається «зависання» двигуна на одних оборотах, інженери наділили агрегат можливістю імітувати роботу автомата - трансмісія «перебирає» 8 віртуальних передач в автоматичному режимі та дає можливість робити це самому, але вже шістьма передачами в ручному режимі.

Перевага – економічність завдяки оптимальному передавальному співвідношенню. А ще відмінна плавність роботи.

З недоліків – неможливість передавати великий крутний момент, проблеми при складних умовах експлуатації (наприклад на бездоріжжі), а також експлуатаційні – вимогливість до якості і стану масла, висока вартість ремонту. Такими агрегатами оснащують сімейство Megane та новий Koleos.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Технічне обслуговування варіатора CVT включає регулярну заміну трансмісійної рідини, фільтрів та очищення магнітів від металевої стружки.

Інтервал заміни залежить від умов експлуатації: зазвичай кожні 40000 – 60000 км для звичайних умов, але частіше (30000 – 40000 км або менше) за складних умов водіння, таких як спорт, буксирування чи гірська місцевість.

Основні етапи обслуговування:

- Заміна рідини: рекомендується проводити кожні 40000 – 60000 км для стандартних умов, а для складних – кожні 30000 – 40000 км або навіть частіше, згідно з рекомендаціями виробника.

Заміна фільтрів: під час заміни рідини обов'язково змінюйте фільтри тонкого та грубого очищення.

Очищення: необхідно знімати піддон картера, очищати магніти від залізної стружки та промивати систему.

Протидія перегріву: слід уникати перегріву, а також їзди на непрогрітому варіаторі. Робочий температурний діапазон становить приблизно 60-90 °С.

Дотримання рекомендацій виробника: конкретні інтервали та процедури можуть відрізнятися залежно від моделі автомобіля, тому важливо керуватися інструкцією виробника.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ У ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСМІСІЙ CVT

2.1 Огляд основних показників ефективності роботи безступінчастої трансмісії (CVT).

Безступінчаста трансмісія (CVT) має безступінчасте передавальне число в певному діапазоні та забезпечує нескінченну кількість передавальних чисел. Відповідно, двигун працює в найбільш економічних умовах у широкому діапазоні швидкостей автомобіля [1].

Відомо багато типів CVT, які мають високий ККД та демонструють кращі характеристики, ніж інші поширені трансмісії. Як правило, CVT мають два шківів – головний та допоміжний зі змінним радіусом для передачі потужності та мають комбінацію ланцюга або металевого ремня, але вони не так широко використовуються, як ремінно-ланцюгові CVT. Два шківів включають пару шківів, один з яких нерухомий, а інший здатний до осьового переміщення. Крім того, для досягнення кращого регулювання швидкості ефективний радіус головних шківів зменшується, а радіус допоміжних - збільшується або навпаки [2].

Інженери працюють над розробкою сучасної CVT для широкого використання у транспортних засобах.

У 2009 році Цзянь та Чау [3] запропонували нову систему руху з електронною безступінчастою трансмісією (E-CVT), що використовує коаксіальну магнітну передачу. Ця система руху може досягти оптимальної економії палива з мінімальними викидами відпрацьованих газів, а також хороших характеристик руху.

Коаксіальні магнітні передачі забезпечують безконтактну передачу крутного моменту, що дозволяє значно знизити шум який виникає в механічних планетарних передачах та підвищити ефективність передачі крутного моменту.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Драгош та ін. [4] у 2010 році представили модель режиму руху та стратегію керування двома типами трансмісії в транспортних засобах з CVT. Результати моделювання виконані для п'яти циклів руху, де було доведено ефективність розробленої стратегії керування.

Надері та ін. [5] у 2011 році представили новий контролер для підвищення швидкості керування CVT у транспортних засобах. Результати моделювання контролера демонструють низьке енергоспоживання.

Хофман та ін. [6] у 2012 році порівняли коробку передач CVT з високоефективною автоматизованою механічною коробкою передач (АМТ). Результати показали значне скорочення викидів CO₂ при використанні CVT, особливо для гібридних електромобілів, які залежать від роботи варіатора.

Каземі та ін. [7] у 2014 році розробили стратегію зміни передавального числа та керування на основі оптимізації режимів керування CVT. Крім того, представлено результати впровадження правил оптимального керування в моделюванні руху транспортного засобу для зменшення витрати палива. Перевага представленого методу для зменшення витрати палива порівняно з іншими підходами це зміна передавального числа.

Чжан та ін. [8] у 2015 році проаналізували втрати енергії деформації, які впливають на ефективність передачі металевого ремня CVT, та розробили механічну модель шківів. Метод скінченних елементів було використано для аналізу енергії деформації та напруження шківів. Результати показують, що збільшення передавального числа зменшує енергію деформації ведучого шківів, а для веденого шківів при цьому енергія деформації при цьому зростає. А, отже, при передавальному числі одиниця, втрати енергії деформації мінімальні.

Алзуваер та ін. [9] у 2016 році досліджували реалізацію моделі гідравлічного регулятора тиску для отримання бажаних передавальних чисел варіатора. Крім того, для оцінки карти передавальних чисел використовується стратегія оптимальної робочої лінії (OOL), яка мінімізує

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

витрату палива залежно від функції витрат та обмежень. Контролер моделі транспортного засобу був протестований на двох циклах руху. Нарешті, результати показують ефективність стратегії керування та гідравлічного регулятора тиску, який підтримує роботу двигуна внутрішнього згорання з високою ефективністю.

Аулах [10] у 2017 році розробив підхід до моделювання, заснований на генетичному алгоритмі (ГА), для налаштування варіатора. Крім того, балансувальна сила використовувалася для моделювання поведінки варіатора, а ГА використовується для оптимізації вихідних змінних варіатора. Налаштовані змінні – це профілі первинного та вторинного кулачкового валів, а також жорсткість первинної та вторинної пружини, окрім маси. Поведінка симуляції варіатора була налаштована порівняно з традиційним методом, який був налаштований експериментально. Зрештою, отримані результати показують, що моделювання методом налаштування ГА подібне до традиційного методу з точки зору точності.

Ву та ін. [11] у 2018 році запропонували стратегію керування для оптимізації сили затиску в шківі для покращення ефективності передачі варіатора за різних умов руху. Крім того, створено модель моделювання для моделювання дорожніх умов та умов розгону. Результати моделювання показують, що стратегія керування може оптимізувати ефективність передачі варіатора і, таким чином, підвищити паливну ефективність транспортного засобу.

Лі та ін. [12] у 2019 році запропонували оптимальну стратегію керування з використанням варіатора в паралельній конфігурації гібридних електричних транспортних засобів. Крім того, було побудовано квазістатичну модель транспортного засобу, а оптимальний коефіцієнт розподілу крутного моменту визначається за допомогою динамічного програмування та безперервно змінного передавального числа передач для максимальної економії палива. Результати моделювання проведено за різних

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

умов циклів руху вказують на те, що запропонований метод покращив керуваність транспортного засобу з максимальною економією палива.

Продажі CVT у світі зросли з 1,8 мільйона у 2015 році, і після модифікацій вони поступово розширюватимуться, досягнувши 33% парку легкових автомобілів у 2030 році, близько 2,3 мільйона [13].

Між 2020 і 2030 роками Китай і США витратять 2105 мільярдів доларів на безступінчасті трансмісії (CVT) для малих автомобілів, середньорозмірних автомобілів і малих позашляховиків, щоб зменшити споживання палива на 4,6%, 4,6% і 3% відповідно [14]. У 2015 році різні автовиробники оголосили про нові технологічні плани на найближчі 15 років. Наприклад, японських і корейських автовиробників можна розділити на 2 категорії: перша, яка використовує CVT як основну технологію та одночасно розвиває автоматичні коробки передач (АТ), такі як Honda, Nissan, Toyota, Mitsubishi, Subaru та Hyundai. Volkswagen зосереджується на розвитку CVT. Для американських автовиробників основним шляхом до 2021 року є розробка технологій автоматичних коробки передач. Однак оптимальним вибором для Ford після 2021 року є впровадження CVT як основної трансмісії для дотримання майбутніх норм, і цей оптимальний вибір значною мірою залежить від ефективності та вартості CVT [13].

Зі зростанням парку варіаторних трансмісій, у поєднанні з їхніми перевагами та двигуном як єдиним цілим для точного керування, витрата палива може бути значно зменшена. Було проведено низку досліджень для покращення паливної економії автомобілів [15], [16]. Однак ці дослідження оптимізували лише ефективність двигуна, ігноруючи вплив ефективності трансмісії на витрату палива автомобіля, що призводило до поганих результатів оптимізації. Тому, щоб досягти найкращого ефекту оптимізації, необхідно всебічно враховувати оптимальну ефективність двигуна та трансмісії. Згідно з попередніми дослідженнями [17], [18], порівняно з іншими типами транспортних засобів, паливна ефективність автомобіля з

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

варіаторною коробкою передач може бути збільшена на 10–15%, а викиди шкідливих речовин можуть бути зменшені більш ніж на 10% за тих самих умов. Крім того, завдяки унікальній структурі ременя, варіаторна коробка передач може досягати плавної зміни передаточного числа. Порівняно з іншими типами трансмісій, варіаторна коробка передач краще відповідає двигуну, змушує двигун завжди працювати в ідеальному діапазоні та зменшує втрати в трансмісії та викиди забруднень транспортних засобів [19]. Механізм передачі варіаторної коробки передач полягає в тому, що робочий радіус шківів змінюється силою притиску, що діє на металевий шків, для реалізації безперервної зміни передавального числа коробки передач [20]. Отже, точність та обґрунтованість зміни сили притиску безпосередньо впливатиме на ефективність передачі варіаторної коробки передач та економію палива автомобіля. Як ключова технологія варіаторної коробки передач, система керування силою притиску завжди була в центрі уваги та гарячої точки дослідників [21]. Традиційна стратегія керування силою притиску часто множить на постійний коефіцієнт.

для забезпечення нормальної роботи варіаторної коробки передач (CVT) за будь-яких екстремальних умов [22]. Однак, у щоденному процесі водіння транспортного засобу це призведе до додаткових втрат при передачі, посилить знос між металевим ременем та шківом, а також знизить ефективність передачі та термін служби CVT через надмірний запас міцності притискного зусилля [18]. Для вирішення цієї проблеми було проведено багато досліджень.

Деякі дослідження показують, що ефективність передачі можна ефективно покращити, зменшивши силу затиску, щоб забезпечити відповідне ковзання між металевим ременем та шківом [21]. Тому для вирішення проблеми оптимізації сили затиску розроблено стратегію ПД-керування на основі швидкості ковзання [23]. Визначаючи зв'язок між максимальною ефективністю передачі варіатора та оптимальною швидкістю ковзання, сила

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

затиску контролюється для підтримки швидкості ковзання близько до оптимальної точки. Однак фактичний ефект оптимізації не є ідеальним через обмеження самої стратегії керування, нелінійні та змінні в часі характеристики системи варіатора. Нечітке керування підходить для вирішення складних задач оптимізації систем і часто застосовується до системи варіатора, оскільки воно не вимагає точної математичної моделі для об'єкта керування [24], [25]. Однак результат показує низьку точність, оскільки вибір нечітких правил та функцій належності здебільшого базується на досвіді експертів [26]. Щоб уникнути цієї проблеми, було запропоновано механізм оптимізації на основі пошуку екстремуму для оптимізації ефективності системи шляхом регулювання сили затиску без додавання додаткових датчиків [19]. Для подальшого покращення ефекту оптимізації, на початковій основі додається керування відстеженням для досягнення відстеження опорного співвідношення швидкостей [27]. Однак цей метод оптимізації враховує лише коефіцієнт корисної дії трансмісії та не враховує коефіцієнт корисної дії двигуна, що не може гарантувати комплексну оптимізацію коефіцієнта корисної дії системи трансмісії транспортного засобу.

Отже, у дослідженнях запропоновані методи керування транспортним засобом, в яких двигун та безступінчаста коробка передач використовуються як об'єкти оптимізації, що може ефективно покращити ефективність трансмісії та економію палива транспортного засобу.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ, КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ АВТОМАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

3.1 Стан та особливості використання автоматичних трансмісій.

Більшість автомобілі, що використовуються сьогодні, оснащені ДВЗ, які характеризуються багатьма перевагами, такими як відносно хороший ККД, відносно компактне накопичення енергії та високе співвідношення потужності до ваги.

Але фундаментальними недоліками є:

- відносно низький крутний момент при малих обертах двигуна;
- ДВЗ виробляє максимальну потужність лише при певній частоті обертання двигуна;
- витрата палива сильно залежить від навантаження та частоти обертання колінчастого валу двигуна.

Очевидно, що зовнішня швидкісна характеристика ДВЗ не є найбільш підходящою для руху транспортного засобу з високим ККД. Бажаною характеристикою є «ідеальна гіпербола тяги», яку можна отримати лише за умови максимальної доступної потужності двигуна N_{max} на всіх швидкостях руху.

Площа під ідеальною гіперболою тяги на діаграмі тяги, показаній на рис. 3.1 для транспортного засобу з чотириступінчастою коробкою передач, може бути використана для руху транспортного засобу. Верхня межа пов'язана з максимальною силою зчеплення між шинами та дорогою, яка залежить від коефіцієнта тертя та нормального навантаження на ведучу вісь.

Нижня межа визначається максимальною швидкістю, якої може досягти транспортний засіб. Заштриховані області між силами тяги – це втрати потужності. Щоб зменшити втрати потужності та максимально наблизитися до ідеальної гіперболи тяги, потрібна коробка передач з достатньою кількістю передавальних чисел.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

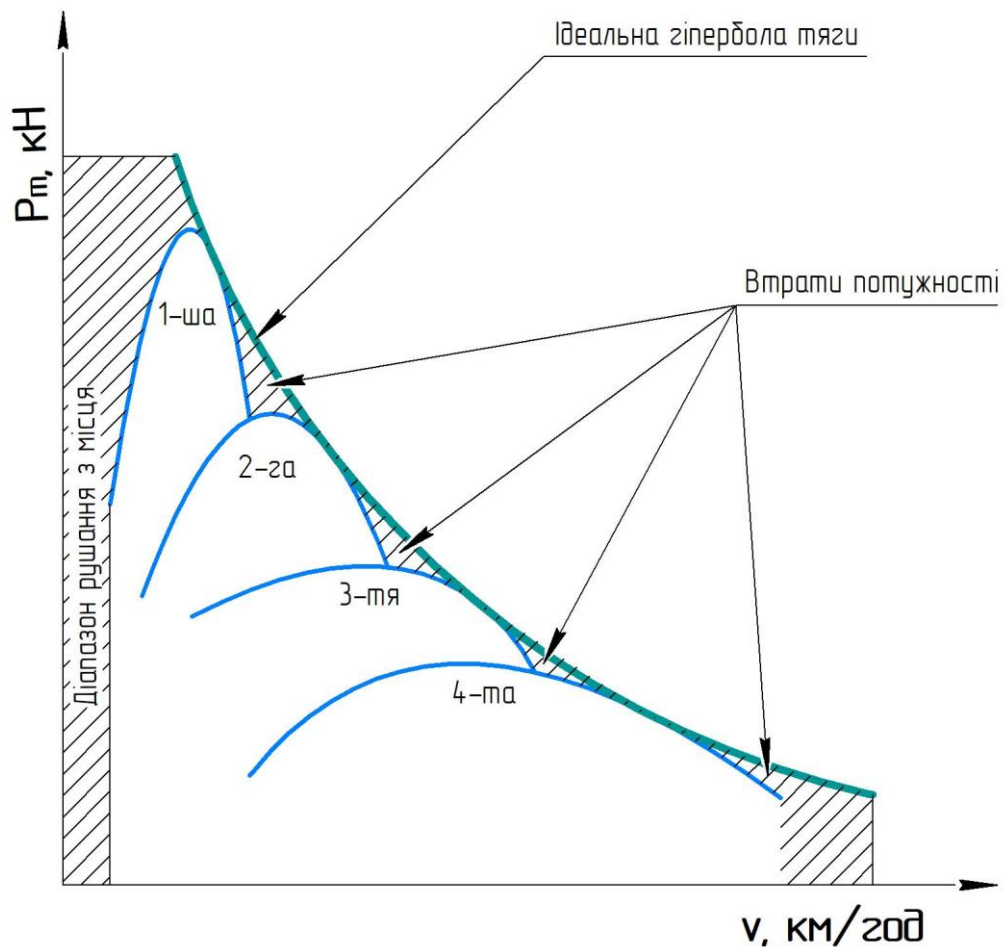


Рисунок 3.1 – Показники тягового зусилля транспортного засобу на різних передачах

Окрім характеристик керованості, яким повинен відповідати певний тип трансмісії для певного транспортного засобу, існують також вимоги, пов'язані зі споживанням палива, ремонтпридатністю, комфортом, зручністю та вартістю. Задовольнити всі ці вимоги нелегко, але через високу конкуренцію докладаються значні зусилля в галузі досліджень та розробок.

Це відобразилося і на автоматичних коробках передач, оскільки з початку серійного виробництва автомобілів була тенденція до автоматизації процесів. Автоматизація перемикання передач має вирішальний вплив на безпеку руху, оскільки водій втомлюється набагато менше, ніж з механічною коробкою передач, де потрібна постійна зміна передавального числа

						MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

відповідно до дорожніх умов та дорожніх ситуацій. Це особливо важливо для їзди по місту.

Незважаючи на більшу складність, непрофесійне керування водієм менше негативно впливає на стійкість та надійність коробки передач з автоматичною коробкою передач порівняно з механічною.

Використання планетарних редукторів дозволило отримати набагато більшу кількість передавальних чисел, ніж це можливо отримати з механічною коробкою передач (для комерційних транспортних засобів до 18).

Безступінчасті коробки передач (CVT) теоретично мають нескінченну кількість передавальних чисел, що призводить до максимального наближення ідеальної гіперболи зчеплення (рис. 3.1).

Але навіть сьогодні, коли переваги використання систем керування та мехатроніки є чітко очевидними, багато людей, особливо в Європі (де відсоток проданих легкових автомобілів з автоматичною коробкою передач становить лише 15-20 відсотків, тоді як у Північній Америці та Японії цей відсоток сягає 80-90), вважають, що автоматичні коробки передач занадто дорогі в обслуговуванні та менш надійні через їхню складність та зв'язки з іншими електронними системами в автомобілі, без глибокого розуміння їхніх переваг.

Автоматичні коробки стали нормою на ринку США, і цей тренд поширюється і на інші країни, потроху залишаючи в минулому механічні коробки передач. Швидкий розвиток в автомобільній індустрії означає не тільки появу передових технологій, а й використання застарілих систем. Хорошим прикладом цього є механічна коробка передач рис. 3.2.

Ця трансмісія, що вимагає від водія вмикати зчеплення для перемикання передач, поступово йде з автомобільних ринків. Ця тенденція не обмежується Північною Америкою, де автоматичні коробки давно домінують. Дані від

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

JATO Dynamics показують, що механічні коробки втрачають свою популярність у всьому світі рис. 3.3-3.5.

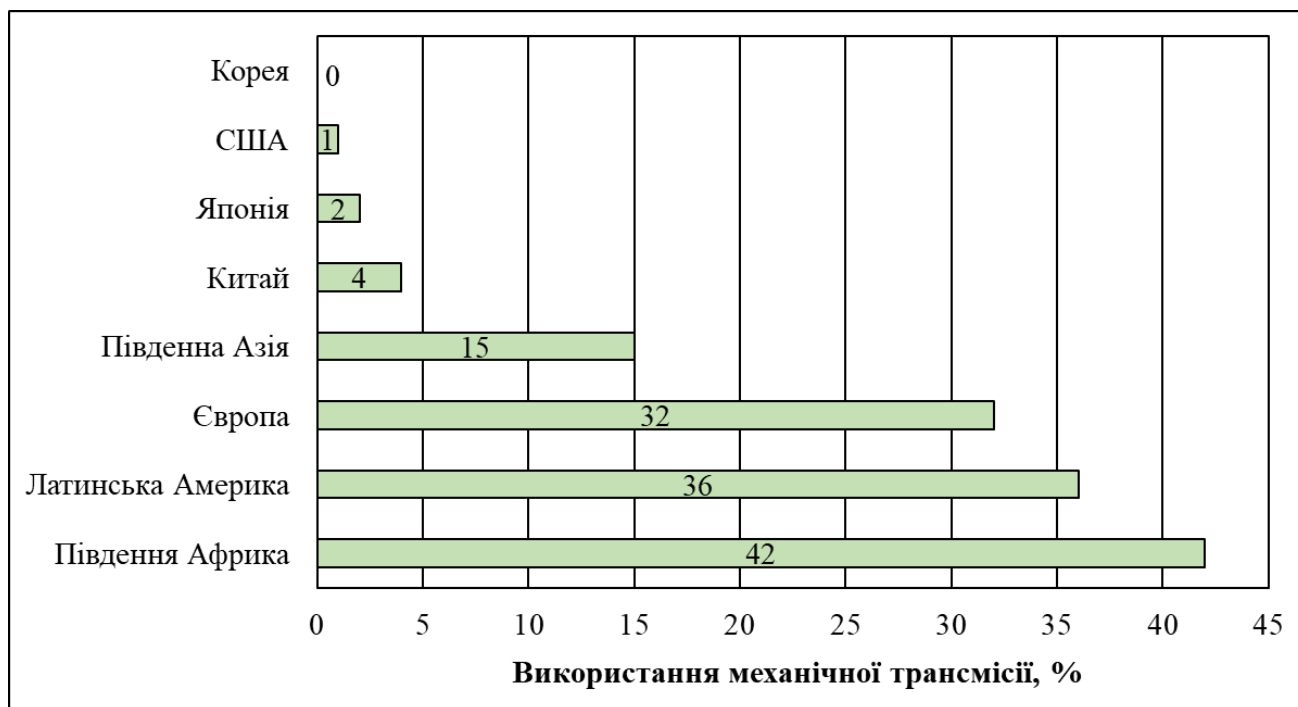


Рисунок 3.2 – Використання механічної трансмісії за країнами світу

Європейські країни є одним із прикладів такої трансформації. На початку 2000-х практично всі нові автомобілі реєструвалися з механічною коробкою передач. Частка таких автомобілів становила 89 відсотків, і у деяких країнах, таких як Італія, Франція, Іспанія, Греція, Угорщина, Ірландія та Португалія, вона перевищувала 95 відсотків (рис. 3.3). Винятком були Норвегія та Швейцарія, де приблизно 25 відсотків нових автомобілів.

Ця частка залишалася високою протягом кількох років, доки на ринку не з'явилися різні види автоматичних коробок передач. У 2017 році частка автомобілів з механічною коробкою знизилася до 78 відсотків і з того часу продовжує падати. До 2022 року вона становила 34 відсотки, в 2023 року – 33,9 відсотки, а до кінця 2024 року впала до 31,1 відсотка.



Рисунок 3.4 – Стан використання АКП в США та Канаді за роками

З іншого боку, механічні коробки передач залишаються популярним вибором у країнах з економікою, що розвивається. У Латинській Америці та Південній Африці вони становлять значну частку продажів – понад 30 відсотків нових автомобілів реєструються з механічними коробками передач. Попри те, що розрив у цінах між автоматичними та механічними коробками передач скоротився за останні 20 років, це все одно залишається важливим аспектом для споживачів з обмеженим бюджетом.

Поява доступних електромобілів також може змінити ситуацію. Збільшення кількості продажів електромобілів, особливо у країнах, де популярні бюджетні електричні автомобілі, призводить до зниження частки машин з механічною коробкою передач.

Як бачимо з рис. 3.5 стрімко зростає популярність автоматичних трансмісій також у Китаї. Так за останні 5 років з 2019 по 2024 рік популярність автоматичних трансмісій зросла на 37,6 відсотка.

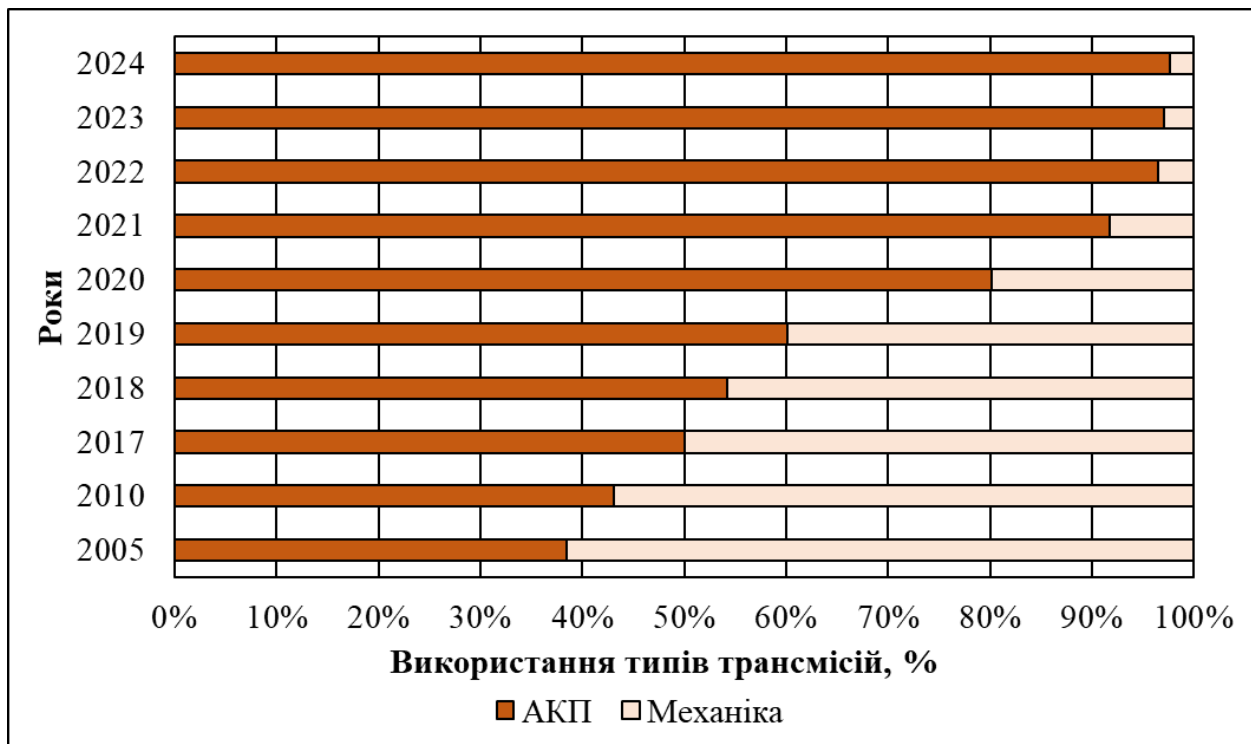


Рисунок 3.5 – Стан використання АКП в Китаї за роками

3.2 Автоматизована механічна трансмісія (АМТ).

Автоматизована механічна трансмісія поєднує переваги механічних трансмісій з функцією автоматичної трансмісії [28]. Найбільшою перевагою цієї трансмісії є висока ефективність, яка характерна для механічних трансмісій. Їхня автоматизація призводить до зниження питомої витрати палива порівняно з механічною трансмісією, якою керує водій. Це дозволяє знизити рівень викидів CO₂, що є однією з найважливіших глобальних проблем. Також, завдяки уникненню встановлення педалі зчеплення, досягається підвищення безпеки з комфортом та зручністю експлуатації.

До основних типів цього виду трансмісії відносяться:

- електродвигун керування зчепленням (ЕСМ);
- автоматична трансмісія з перемиканням передач (АСТ).

Основна відмінність між цими двома типами трансмісій полягає у вищому рівні автоматизації АСТ, оскільки немає механічного зв'язку між важелем селектора та трансмісією, як показано на рис. 3.6 [28].

Це досягається тому, що крутний момент зчеплення лише незначно перевищує крутний момент двигуна. Процес регулювання дозволяє знизити крутний момент зчеплення в момент, коли водій знімає ногу з педалі акселератора (рис. 3.7).

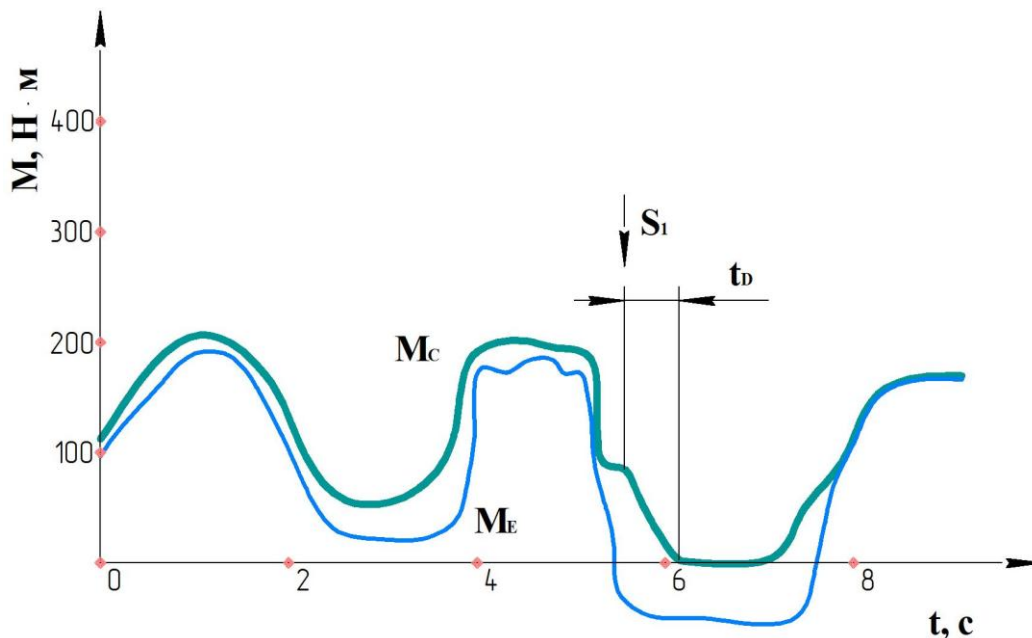


Рисунок 3.7 – Керування зчепленням та крутним моментом двигуна під час перемикання передач [29]

3.3 Гідродинамічна механічна трансмісія (НМТ).

Основним компонентом гідродинамічної механічної передачі є гідротрансформатор. Гідротрансформатор є елементом відбору потужності, який працює як додаткова передача в діапазоні запуску, а також служить для гасіння коливань [29]. Гідротрансформатор з'єднаний з колінчастим валом двигуна за допомогою гнучкого приводного диска. Гнучкий приводний диск також має функцію зменшення жорсткості коробки передач на кручення, а завдяки масивному гідротрансформатору, заповненому рідиною автоматичної коробки передач, немає потреби у важкому та дорогому двомасовому маховику для згладжування напружень та вібрацій, що виходять від двигуна. Функція збільшення крутного моменту двигуна досягається за допомогою статорного вузла, розташованого між насосом та

турбінним вузлом у гідротрансформаторі. Характеристика гідротрансформатора показана на рис. 3.8.

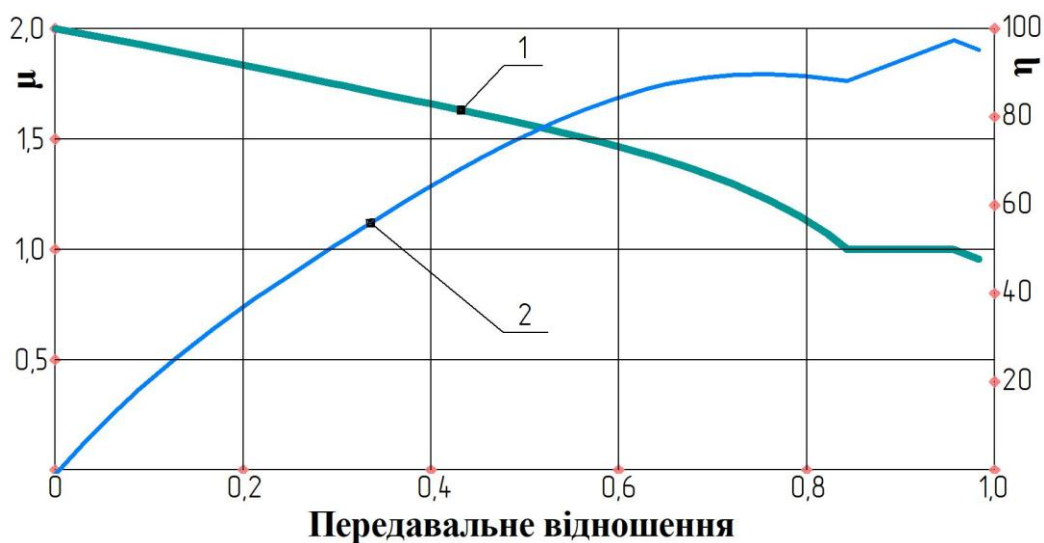


Рисунок 3.8 – Основні параметри роботи гідротрансформатора [29]

З діаграми на рис. 3.8 видно, що при передавальному відношенні площа гідротрансформатора до 0,85 отримуємо максимальним ККД до 90%.

При передавальному відношенні понад 0,85 коли активується одностороннє зчеплення для отримання механічного зв'язку між насосом і турбінним вузлом отримуємо підвищення ККД до 97%, оскільки усувається проковзування рідини. При цьому крутний момент залишається незмінним.

Для досягнення достатньої кількості передавальних чисел, для цього типу трансмісії використовуються планетарні редуктори. Різні передавальні числа досягаються шляхом з'єднання певних елементів планетарних редукторів. Вони регулюються електрогідравлічними приводами, якими керує електронний блок керування трансмісією.

Основними функціями гідродинамічного механічного керування трансмісією є керування точкою перемикання, керування муфтою блокування гідротрансформатора та керування крутним моментом двигуна під час перемикання [29].

Базове керування точкою перемикавання, яке також пов'язане з іншими типами керування трансмісією, використовує карти перемикавання, які зберігаються в пам'яті пристрою.

Обмеження точки перемикавання визначаються мінімальною та максимальною частотою обертання колінчастого валу двигуна. Щоб уникнути частого перемикавання між двома передачами за певного навантаження на двигун та швидкості автомобіля, вбудовано гістерезис між характеристикою перемикавання на підвищену та знижену передачі.

Для покращення цієї основної функції та для отримання вищого гістерезису між характеристиками перемикавання на підвищену та нижчу передачу вбудовано адаптивну функцію. Цього можна досягти лише шляхом змін програмного забезпечення з використанням уже існуючих компонентів у системі. Найпростіше керування трансмісією враховує лише три параметри. Це швидкість автомобіля (визначена швидкістю вихідного обертання трансмісії), положення дросельної заслінки як індикатор навантаження двигуна та положення педалі акселератора як команда водія [29].

Адаптивна функція використовує прискорення автомобіля як додатковий параметр, який розраховується з швидкості обертання валу трансмісії з плином часу. Розраховане або фактичне прискорення транспортного засобу порівнюється із заданим значенням, яке визначається з характеристики опору тязі та залежить від фактичної швидкості транспортного засобу та навантаження на двигун.

Таким чином, досягається корекція точки перемикавання, що призводить до кращого контролю процесу та можливості впровадження різних карт перемикавання в базу даних блок керування (TCU). Наприклад, одна карта перемикавання може бути використана для низької витрати палива, яка має точки перемикавання в діапазоні найкращої ефективності двигуна, а інша повинна забезпечувати найвищу вихідну потужність двигуна. Вибір

відповідної карти перемикавання може бути здійснений водієм за допомогою кнопки селектора або перемикача [29].

Функція блокування муфти гідротрансформатора важлива для зменшення втрат потужності, спричинених проковзуванням рідини в гідротрансформаторі. Для підвищення ефективності необхідно якомога частіше замикати зчеплення. Але, крім функції збільшення крутного моменту, гідротрансформатор є важливим компонентом, щоб запобігти вібраціям, що виходять від двигуна [29].

Можна зробити висновок, що активація зчеплення є компромісом між низькою витратою палива та комфортом водіння. Ситуації, в яких зчеплення розімкнене – це рух на першій передачі, під час перемикавання передач та при високій потребі у крутному моменті з низькими обертами двигуна. Причинами цього є збільшення крутного моменту для покращення прискорення та зменшення рівня вібрацій. В інших ситуаціях водіння, які в основному визначаються постійним навантаженням, зчеплення повинно бути замкнене. Зчеплення гідротрансформатора керується соленоїдом вмикання/вимикання, регулятором тиску або PWM соленоїдом [29].

Як і в автоматизованій механічній коробці передач, до процесу регулювання має бути включена функція контролю крутного моменту двигуна під час перемикавання.

Для досягнення цієї функції вирішальним є зв'язок із системою керування двигуном. Залежно від типу двигуна та системи сумішоутворення можливі різні методи контролю крутного моменту двигуна.

Для бензинових двигунів найшвидший процес регулювання досягається за допомогою кута запалювання.

Він також використовується для регулювання холостого ходу.

Перевагою над регулюванням положення дросельної заслінки, яке характеризується своєю інерцією та необхідністю паралельної корекції часу впорскування для отримання визначеного лямбда-коефіцієнта суміші, є

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

коротший час відгуку системи. Корекція кількості впорскування застосовується для дизельних двигунів, і крім зміни часу впорскування вона також включає корекцію тиску впорскування (Common Rail - CR, UPS, UPS Injector System - UIS). Параметри регулювання крутного моменту двигуна визначаються даними калібрування для кожної комбінації двигуна, коробки передач та транспортного засобу, тому процес регулювання контролюється вхідною швидкістю трансмісії, щоб отримати синхронізацію під час процесу перемикавання передач.

Як правило, під час перемикавання на нижчу передачу має відбуватися короткочасне переривання передачі тягової сили, щоб мінімізувати небажані вібрації, спричинені вищою енергією обертання. Під час перемикавання на вищу передачу слід знизити крутний момент, щоб зменшити втрати потужності.

3.4 Безступінчаста автоматизована трансмісія (CVT).

Принцип роботи безступінчастої трансмісії базується на нескінченній кількості передавальних чисел, і тому її теоретичний ККД вищий, ніж у інших систем трансмісії.

Оскільки передача та перетворення параметрів потужності здійснюються за допомогою елемента тертя, що є вирішальним для роботи варіатора, через проковзування втрати потужності вищі, оскільки потрібна вища передача потужності.

Найбільша кількість варіаторів виготовлена з пасовою передачею. На рис. 3.9 показано будову найпоширеніших систем варіатора на основі шківів. Якщо два конуси шківа розходяться, діаметр шківа стає малим; коли вони близько розташовані, діаметр шківа великий. Оскільки довжина приводного ремня фіксована, коли діаметр ведучого шківа стає малим, діаметр веденого шківа повинен стати більшим шляхом змикання двох конусів шківа разом, і навпаки [28].

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

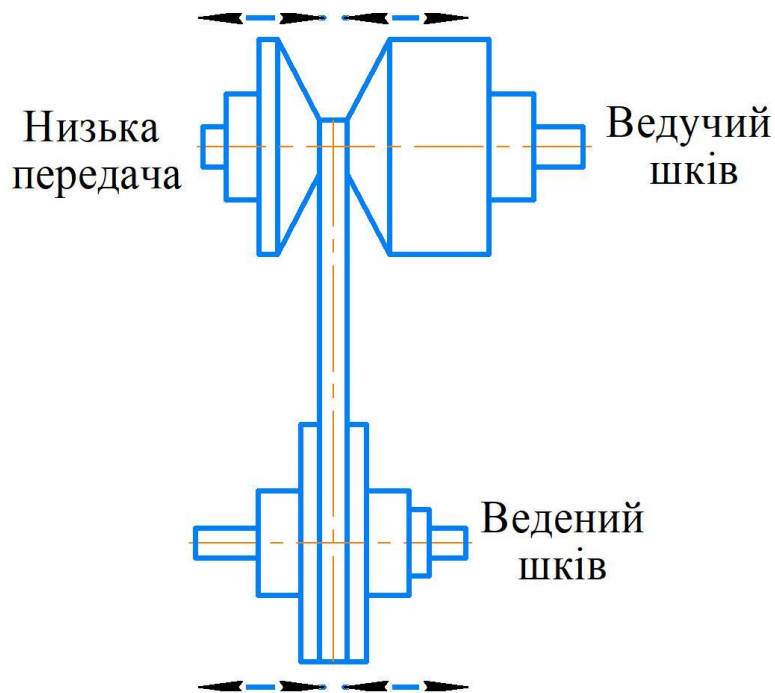


Рисунок 3.9 – Будова та принцип роботи варіатора на основі шківів

Оскільки гумові ремені мають схильність до розтягування та проковзування, що призводить до зниження їхньої ефективності то впровадження нових матеріалів робить варіаторну трансмісію більш ефективною та надійною. Одним із конструктивних удосконалень є металевий ремінь, який складається з двох сталевих смуг, з'єднаних тонким високоміцним металом. Металеві ремені не прослизують і з ними варіаторна трансмісія може передавати більші навантаження. Також вони створюють менше шуму, ніж гумовий ремінь.

Для більших вимог як елемент можна використовувати сталевий ланцюг. Він також гнучкий, але набагато міцніший, ніж будь-який інший елемент. Система зі сталевим ланцюгом реалізована з датчиком крутного моменту для забезпечення достатнього натягу.

Залежно від обраних елементів фрикційної передачі можуть використовуватися різні типи варіатора.

Основним компонентом мехатронного блоку є електромагнітний клапан, який регулює тиск від насоса в діапазоні 5 - 60 бар.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

На холостому ході тиск становить 15 бар. Причиною такого високого тиску є вимога до високої ефективності передачі, якої можна досягти лише за рахунок сильного зусилля притиску ремня, щоб максимально зменшити його проковзування. За досягнення достатнього зусилля притиску ремня відповідає електромагніт вторинного тиску. Також є соленоїд для первинного шківів, але перш ніж рідина під тиском потрапить у цей соленоїд, вона повинна пройти через клапан регулювання передавального числа, який через механізм регулювання передавального числа шківів керується кроковим двигуном.

Для цієї мехатронної схеми кроковий двигун є найменш надійною частиною системи. Але кроковий двигун забезпечує точніше керування, оскільки його правильна активація є умовою для зміни передавального числа.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ БЕЗСТУПІНЧАТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT)

4.1 Дослідження економічних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

На сьогодні багато виробників спеціалізуються на виробництві оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT). Серед відомих виробників можна відмітити такі бренди як Mobil, SASH, Motul, Nissan, Liqui Moly та ін.

Олива для CVT повинна відповідати специфікаціям виробника, мати високі фрикційні властивості для плавної передачі моменту, відмінний захист від зносу, стійкість до високих температур та окислення, а також добрі низькотемпературні властивості. Основні показники – це в'язкість, фрикційні характеристики (в парі «метал-метал»), стійкість до окислення та піноутворення, а також захист від зносу.

На рис. 4.1 показано огляд цін на основні поширені виробники оливи для автоматичних трансмісій CVT.

Найнижча ціна оливи Mobil CVTF Multi-Vehicle (рис. 4.1). Дана олива є повністю синтетичною рідиною класу premium, що виготовляється зі спеціально підібраних високоякісних синтетичних базових масел із сучасною системою присадок, призначену для обслуговування безступінчастих трансмісій автомобілів європейських та азіатських виробників.

Універсальність застосування дає додаткові переваги підприємствам, які прагнуть забезпечити оптимальне обслуговування клієнтів, одночасно спрощуючи роботу та керування продукцією.

Особливості та переваги: як пише виробник Mobil CVTF Multi-Vehicle сприяє плавному перемиканню передач за будь-яких погодних умов та

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

надійного мастила компонентів трансмісії, що допомагає продовжити термін служби трансмісії та забезпечити комфортне водіння.

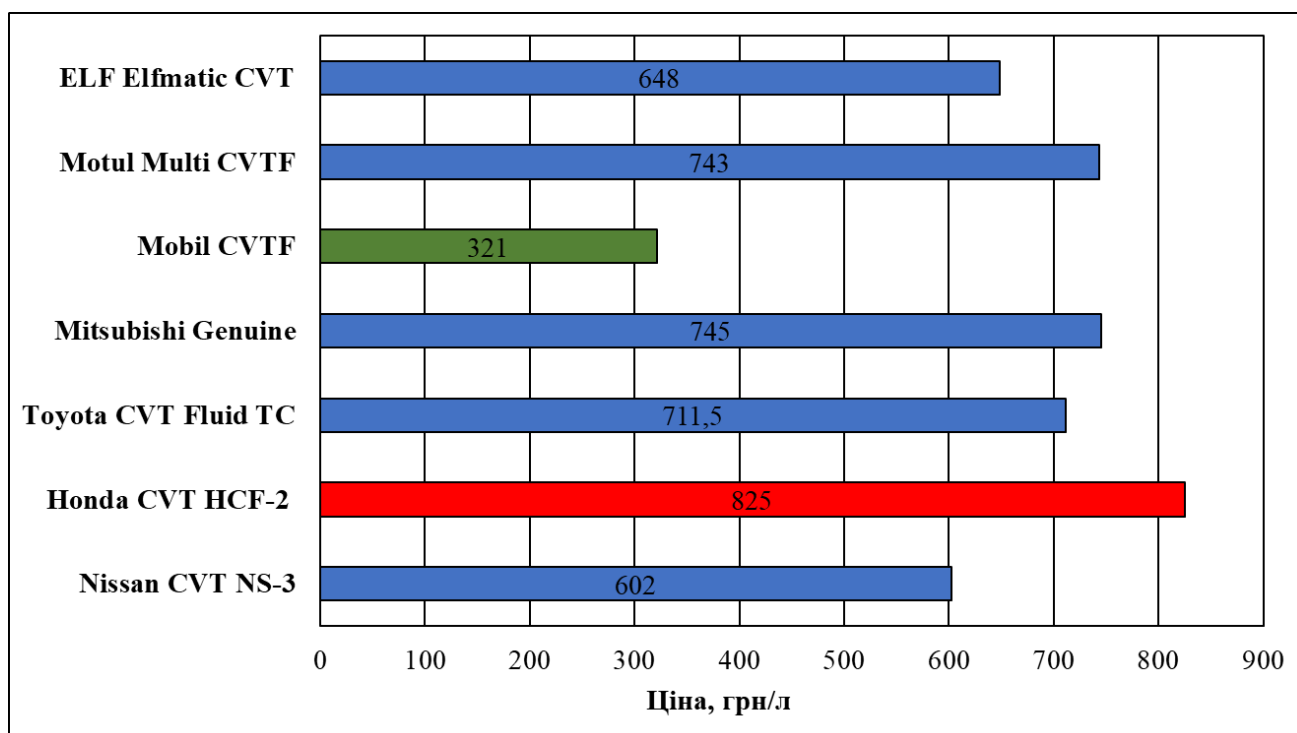


Рисунок 4.1 – Огляд цін на основні поширені виробники оливи для автоматичних трансмісій CVT

- Ефективний захист трансмісії від зносу, іржавіння та корозії, зберігає термін служби трансмісії.
- Стабільні оптимізовані характеристики тертя та збереження здатності до передачі крутного моменту сприяють плавному перемиканню передач без шуму, вібрації та ривків.
- Відмінні параметри плинності сприяють миттєвому змащуванню та захисту при холодному пуску.
- Висока стійкість масла до окислення та стабільність при зсуві сприяють тривалому терміну експлуатації рідини.
- Обмеження витрати оливи, пов'язаного з витокami, за рахунок ефективного піногашення та сумісності з матеріалами ущільнень.

Виробник пропонує рідину Mobil CVTF Multi-Vehicle для обслуговування широкого діапазону пасових та ланцюгових безступінчастих трансмісій. До них входять трансмісії Audi, BMW, Jeep, Chrysler, Mini Cooper, Renault, Volvo, VW, Honda, Hyundai, Lexus, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Subaru, Suzuki, Toyota, та інші.

4.2 Дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

До основних функціональних завдань трансмісійних олив відносяться:

- захист поверхонь тертя від зношування, заїдання, пітінгової корозії та інших пошкоджень;
- зниження до мінімуму втрат енергії на тертя;
- відведення тепла від поверхонь тертя;
- зниження шуму й вібрації зубчастих коліс, зменшення ударних навантажень.

Для забезпечення надійної і тривалої роботи агрегатів трансмісій оливи для них повинні мати певні характеристики:

- достатні протизадирні, протизношувальні та протипітінгові властивості;
- високу антиокиснювальну стабільність;
- добрі в'язкісно-температурні властивості;
- не чинити корозійного впливу на деталі трансмісії;
- мати хороші захисні властивості при контакті з водою;
- мати достатню сумісність з гумовими ущільненнями;
- мати хороші антипінні властивості;
- мати високу фізичну стабільність в умовах тривалого зберігання.

В'язкість - одна із найважливіших характеристик оливи. Від неї залежать втрати потужності на тертя, надійність прокачування оливи по системі

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змащування, ущільнення вузлів, ефективність охолодження деталей, винесення продуктів спрацювання із зони тертя, витрата оливи на вигар.

Визначають кінематичну в'язкість для трансмісійних олив за температури 40 °С (рис. 4.2) та за температури 100 °С (рис. 4.3).

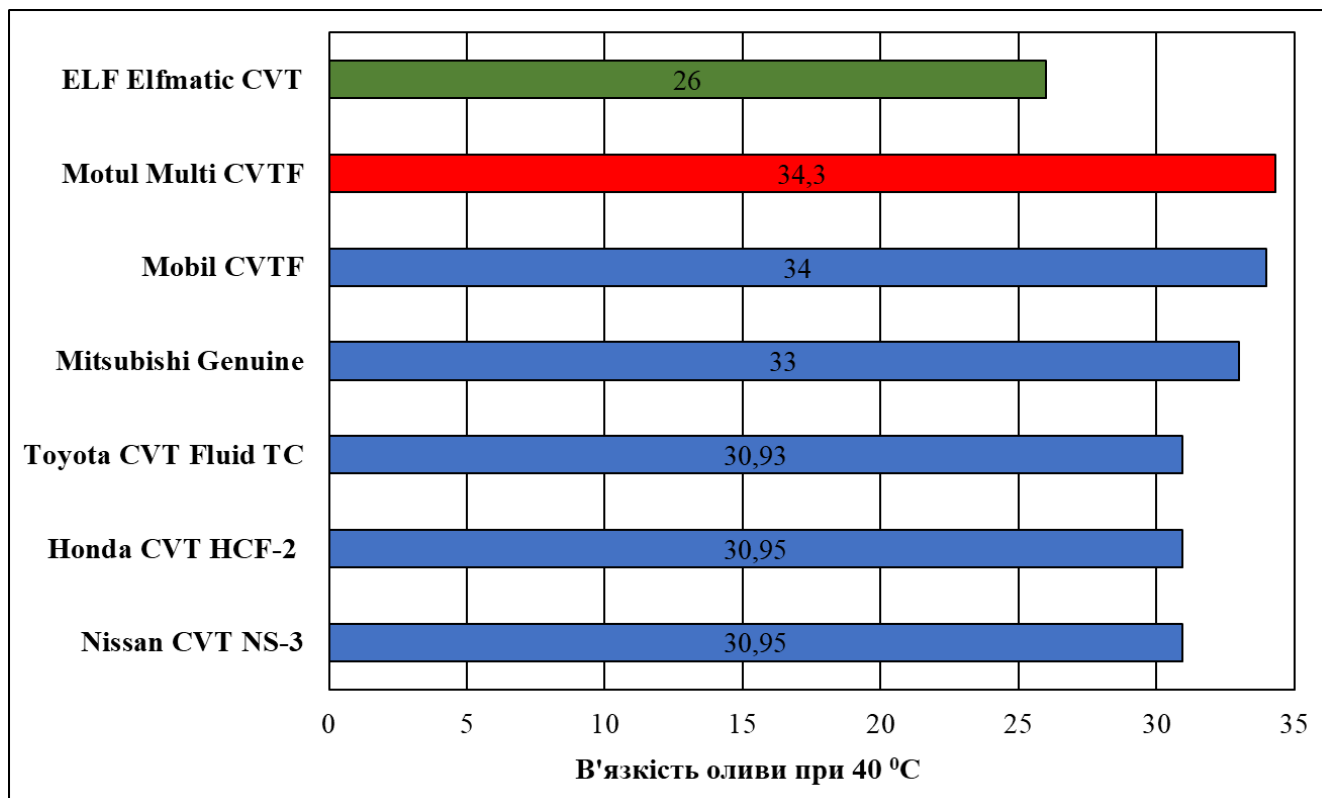


Рисунок 4.2 – Результати дослідження кінематичної в'язкості олив для автоматичних трансмісій CVT за температури 40 °С

Якісні оливи повинні мати малу в'язкість за низьких температур повітря для забезпечення легкого пуску двигуна і велику в'язкість за робочих температур для забезпечення надійного змащування деталей.

Як бачимо з рис. 4.2 за показником в'язкості при температурі 40 °С найефективнішою буде трансмісійна олива Elf, а за температури 100 °С (рис. 4.3) найкращі показники в'язкості в оливи Mitsubishi.

Проте, для більш точної оцінки в'язкісно-температурних властивостей олив застосовують так званий індекс в'язкості. Індекс в'язкості – безрозмірна умовна величина, яка характеризує ступінь зміни в'язкості оливи залежно від температури (у порівнянні з еталонними оливами).

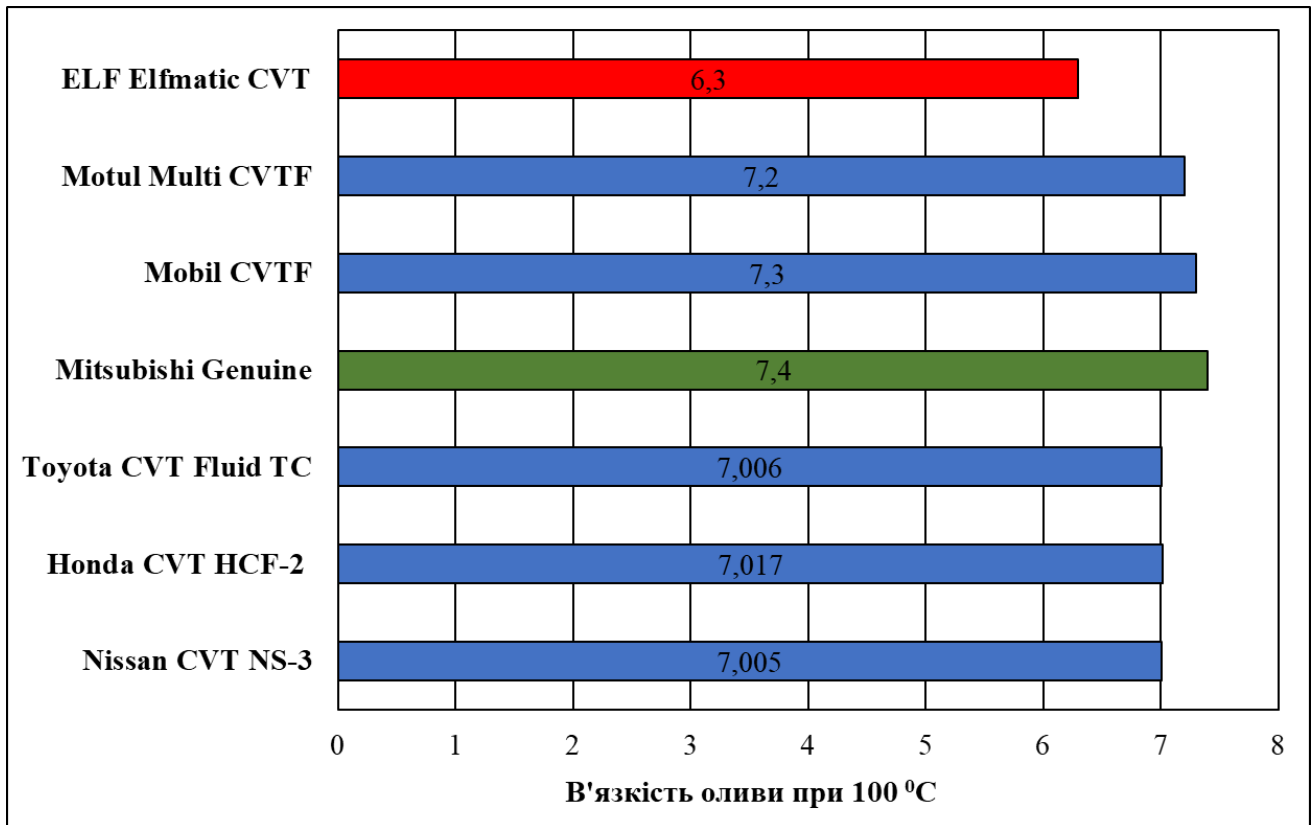


Рисунок 4.3 – Результати дослідження кінематичної в'язкості оливи для автоматичних трансмісій CVT за температури 100 °С

Чим вищий індекс в'язкості оливи, тим менша залежність її від температури, а отже вища її якість.

Результати визначення індексу в'язкості для дослідних трансмісійних оливи відображено на рис. 4.4.

Отже, як видно з результатів наведених на рис. 4.2-4.4, оцінюючи в'язкісно-температурні властивості дослідних оливи для автоматичних трансмісій CVT найефективнішою буде олива фірми Elf, а найменш ефективною є олива виробництва Motul.

Досить непоганими в'язкісно-температурними властивостями володіють також оливи Mitsubishi, Honda, Toyota та Nissan, а тому за даним показником вони теж рекомендовані для застосування в автоматичних трансмісій CVT.

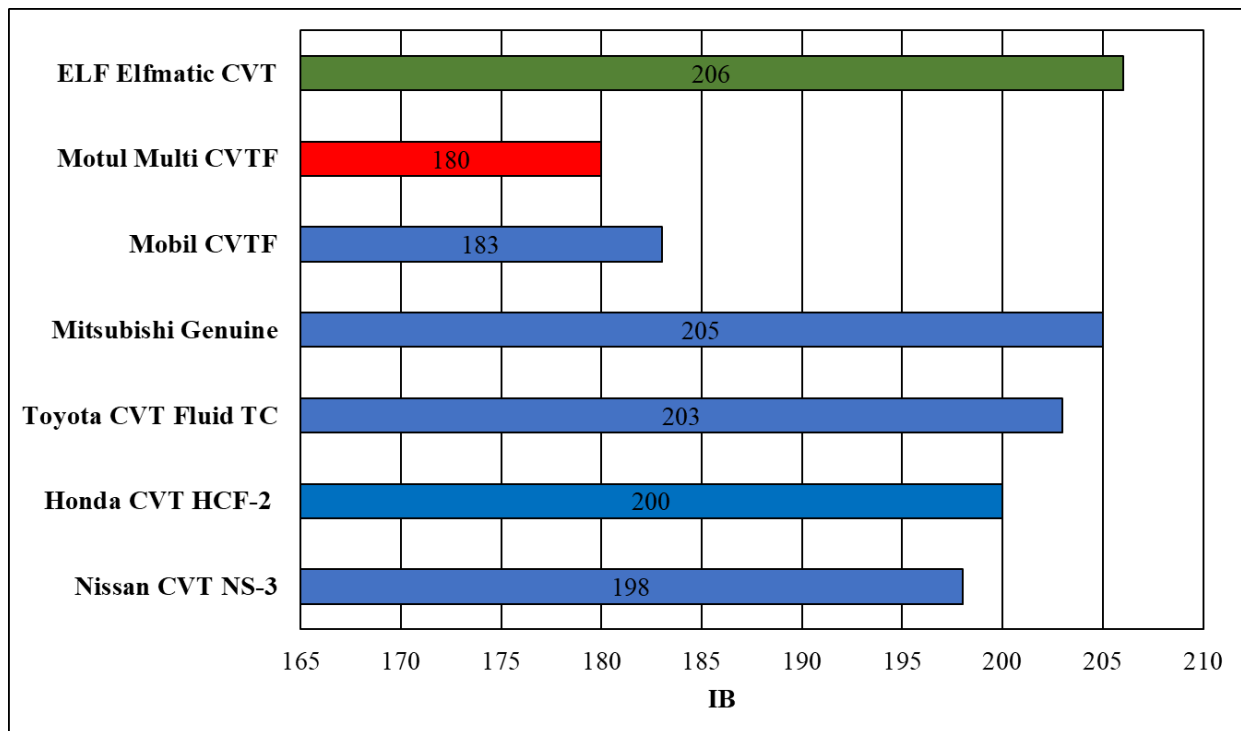


Рисунок 4.4 – Результати визначення індексу в'язкості дослідних олиव для автоматичних трансмісій CVT

Температура втрати текучості – це найнижча температура, при якій олива зберігає текучість, тобто не втрачає своєї плинності і може перетікати під власною вагою. Для різних типів олив вона може значно варіюватися: для синтетичних трансмісійних олив це може бути близько $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для моторних олив $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цей показник є важливим для оцінки роботи олив за низьких температур, оскільки його зниження приводить до втрати здатності до змащування.

Результати дослідження температури втрати текучості дослідних трансмісійних олив відображено на рис. 4.5.

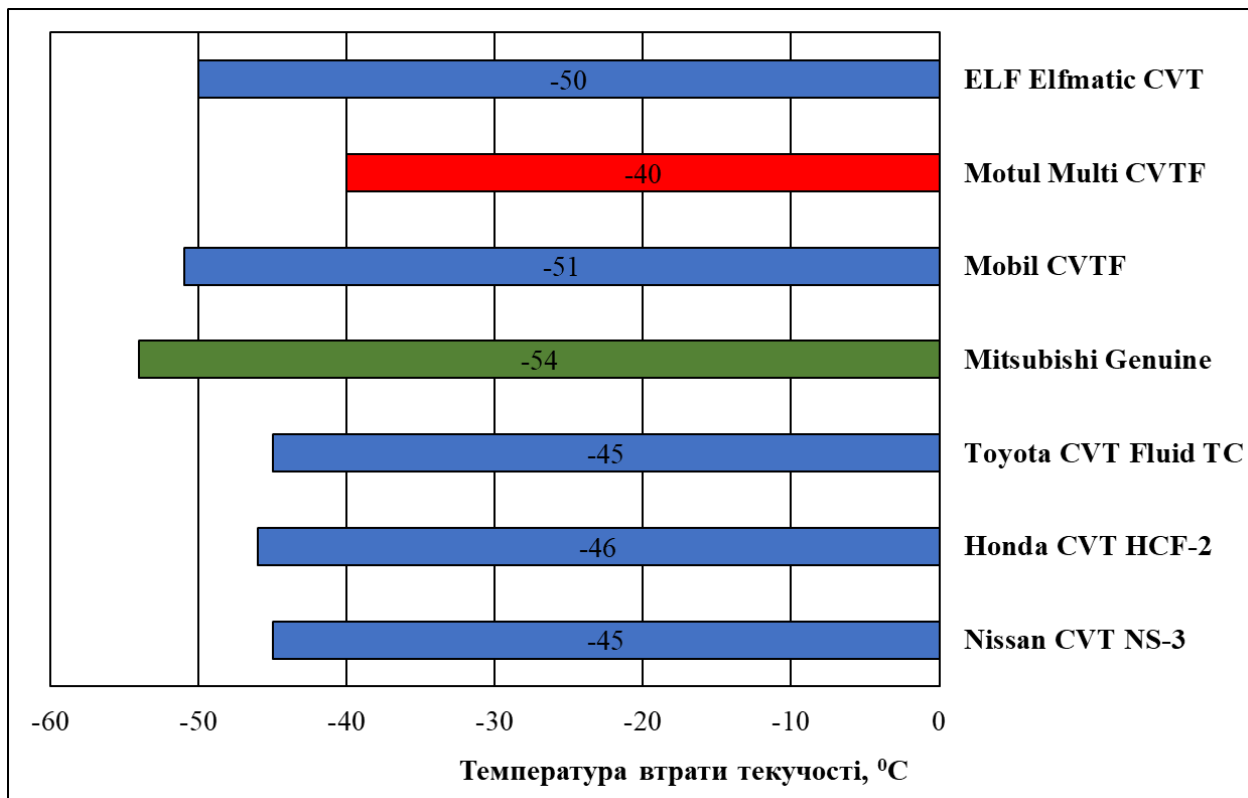


Рисунок 4.5 – Результати визначення температури втрати текучості дослідних оливи для автоматичних трансмісій CVT

Як видно з результатів наведених на рис. 4.5, оцінюючи втрату текучості дослідних оливи для автоматичних трансмісій CVT найефективнішою буде олива фірми Mitsubishi за температури -54°C , а найменш ефективною є олива виробництва Motul, яка втрачає текучість за температури -40°C .

Температура спалаху оливи – це температура, за якої пари олії можуть спалахнути від відкритого полум'я, але вогонь не підтримується довго. Для різних типів оливи вона відрізняється: оливи мають температуру спалаху від $190-220^{\circ}\text{C}$ (мінеральні) до 230°C і вище (синтетичні).

Результати дослідження температури спалаху дослідних трансмісійних оливи для автоматичних трансмісій CVT відображено на рис. 4.6.

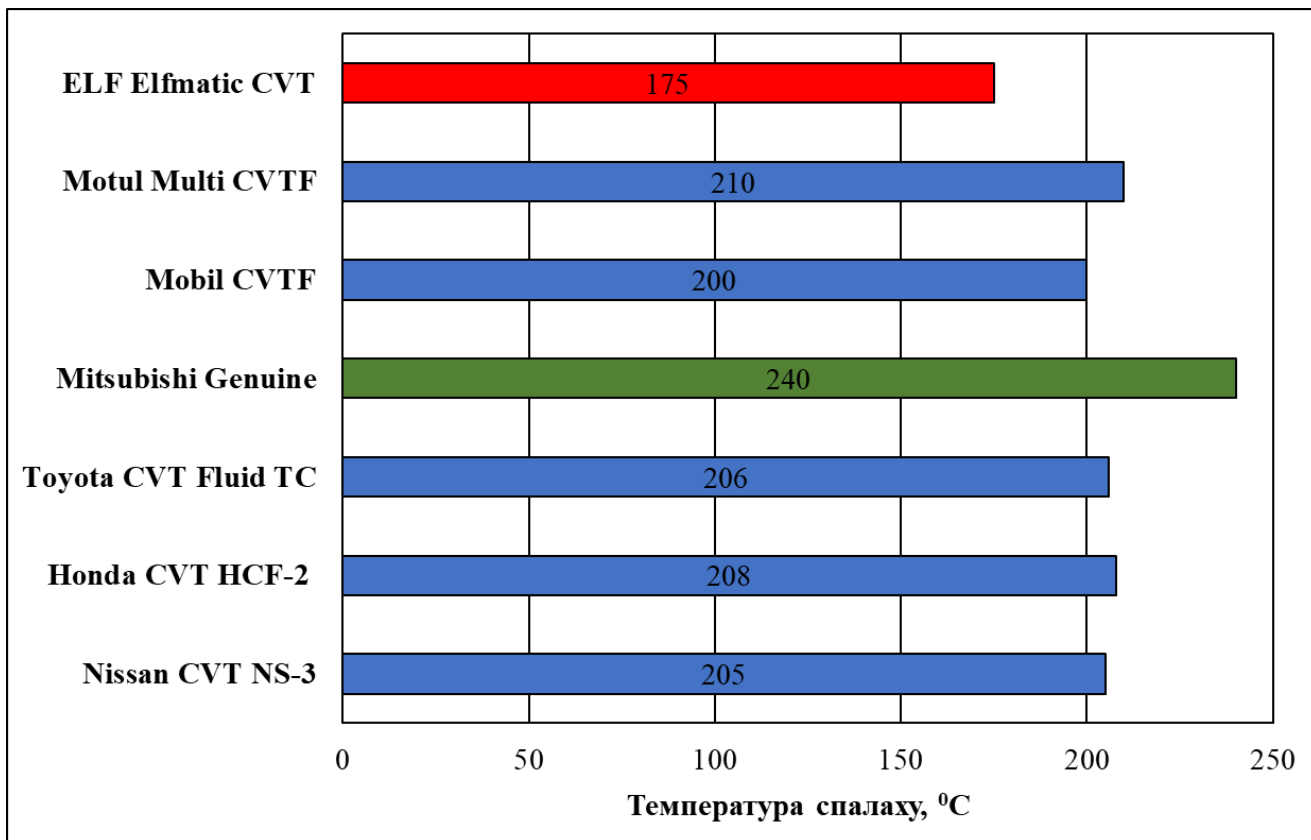


Рисунок 4.6 – Результати дослідження температури спалаху дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT

При виборі оливи основна увага приділяється в'язкості, допускам виробника та бренду. Температура спалаху часто не вказується в рекламних матеріалах. Навіть деякі фахівці не надають цьому параметру належної уваги.

На що впливає температура спалаху оливи:

- витрата оливи – олива з низькою температурою спалаху швидше випаровуються, що призводить до необхідності частого доливання;
- чистота агрегатів – випаровування оливи залишає лакові відкладення на деталях АКП, що може погіршити її роботу;
- стабільність на високих обертах і температурах – оливи з високою температурою спалаху краще зберігають свої властивості при інтенсивних навантаженнях.

Як видно з рис. 4.6 за показником температури спалаху дослідних оливи для автоматичних трансмісій CVT найкращий показник в оливи Mitsubishi, а найнижчий в оливи бренду Elf.

Густина трансмісійної оливи зазвичай становить від 850 до 930 кг/м³ (або від 0,85 до 0,93 г/см³) при стандартній температурі (зазвичай +15°C або +20°C).

Конкретне значення густини залежить від:

- типу оливи: мінеральна, напівсинтетична або синтетична олива матиме дещо відмінну густину;
- класу в'язкості: різні класи в'язкості (наприклад, SAE 75W-90, 80W-90) можуть мати невеликі відмінності в густині;
- наявних присадок: набір функціональних присадок також впливає на кінцеву густину продукту;
- температури: як і всі рідини, трансмісійна олива розширюється при нагріванні і стискається при охолодженні, тому її густина зменшується з підвищенням температури і збільшується при її зниженні.

Виробники вказують точну густину для своєї продукції в технічних характеристиках (паспорті якості), зазвичай при температурі +15°C або +20°C.

Результати дослідження густини дослідних трансмісійних оливи для автоматичних трансмісій CVT основних виробників відображено на рис. 4.7.

Густина трансмісійної оливи впливає на її здатність забезпечувати належне змащування та захист деталей, а неправильний вибір може призвести до зношення, перегріву або недостатньої продуктивності. Правильна густина є критично важливою, оскільки вона забезпечує створення захисної плівки між рухомими частинами, що знижує тертя та знос.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

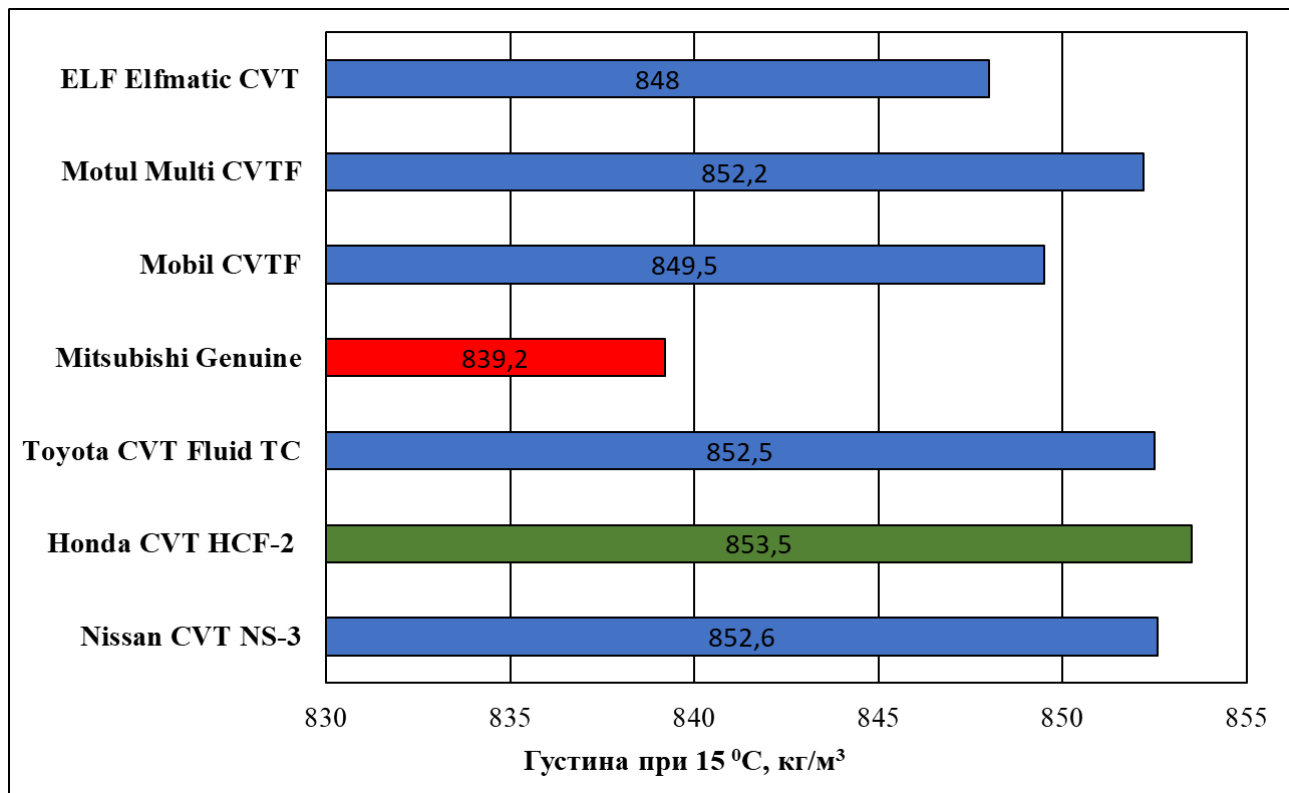


Рисунок 4.7 – Результати дослідження густини дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT за температури 15 °C

Правильна густина забезпечує ефективне змащування всіх компонентів трансмісії, включаючи коробки передач, диференціали та мости. Створює захисну масляну плівку, яка запобігає контакту металевих деталей і зменшує тертя, знос і перегрів. Дозволяє трансмісії працювати плавно та тихо, особливо при холодному запуску.

Занадто низька густина (надто рідка олива):

- недостатньо міцна масляна плівка, що призводить до контакту металевих деталей;
- прискорює знос підшипників, зубчастих передач та інших компонентів;
- може спричинити підвищення температури та перегрів трансмісії.

Занадто висока густина (занадто густа олива):

- ускладнює перекачування оливи, особливо в холодну пору року, що може призвести до «оливного голодування» під час запуску;

- збільшує опір, що призводить до втрати потужності та підвищення паливних витрат;

- може ускладнити перемикання передач, особливо в автоматичних трансмісіях.

Отже як видно з рис. 4.7 найоптимальніші значення густини для дослідних олив знаходяться в межах 848-853,5 кг/м³ виробників Motul, Honda, Toyota, Nissan та Elf.

Найнижче значення густини отримане для оливи Mitsubishi, що становить 839,2 кг/м³.

Загальне кислотне число (acid number) трансмісійної оливи – це показник, що характеризує кількість вільних кислот в оливі, яка вимірюється в міліграмах гідроксиду калію (KOH), необхідних для нейтралізації 1 грама оливи. Для трансмісійних олив (таких як GL-4 або GL-5) цей показник має бути низьким, оскільки висока кислотність може вказувати на окиснення оливи або її деградацію, що шкодить компонентам трансмісії.

Результати дослідження загального кислотного числа дослідних трансмісійних олив для автоматичних трансмісій CVT основних виробників відображено на рис. 4.8.

Вимірюється загальне кислотне число в міліграмах гідроксиду калію (KOH) на 1 грам оливи.

Високий показник свідчить про окиснення, забруднення або виснаження присадок в оливі. Кислотність може призводити до корозії та зносу компонентів трансмісії.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних оливо для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-комерційної фірми «ВСК» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері ефективності застосування трансмісійних оливо та особливостей експлуатації автоматичних трансмісій, досліджено техніко-економічні показники ефективності застосування трансмісійних оливо для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

З огляду літературних джерел встановлено, що за умови використання сучасних методів керування транспортним засобом, в яких двигун та безступінчаста коробка передач використовуються як об'єкти оптимізації, покращують ефективність трансмісії та забезпечують економію палива транспортним засобом.

Безступінчасті коробки передач (CVT) теоретично мають нескінченну кількість передавальних чисел, що призводить до максимального наближення їх до оптимальних показників трансмісії.

Дослідження показали, що навіть сьогодні, коли переваги використання систем керування та мехатроніки є чітко очевидними, багато людей, особливо в Європі (де відсоток проданих легкових автомобілів з автоматичною коробкою передач становить лише 15-20 відсотків, тоді як у Північній Америці та Японії цей відсоток сягає 80-90), вважають, що автоматичні коробки передач занадто дорогі в обслуговуванні та менш надійні через їхню складність та зв'язки з іншими електронними системами в автомобілі, без глибокого розуміння їхніх переваг.

З розглянутих цін на основні поширені виробники оливо для автоматичних трансмісій CVT нами встановлено, що найнижча ціна оливи Mobil CVTF Multi-Vehicle і становить 321 грн/л. Дана олива є повністю

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

синтетичною рідиною класу premium, що виготовляється зі спеціально підібраних високоякісних синтетичних базових масел із сучасною системою присадок, призначену для обслуговування безступінчастих трансмісій автомобілів європейських та азіатських виробників.

Якісні оливи повинні мати малу в'язкість за низьких температур повітря для забезпечення легкого пуску двигуна і велику в'язкість за робочих температур для забезпечення надійного змащування деталей.

Як бачимо з досліджень за показником в'язкості при температурі 40 °С найефективнішою буде трансмісійна олива Elf, а за температури 100 °С найкращі показники в'язкості в оливи Mitsubishi.

З результатів досліджень, оцінюючи в'язкісно-температурні властивості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT за індексом в'язкості найефективнішою буде олива фірми Elf з показником 206, а найменш ефективною є олива виробництва Motul із значенням індексу в'язкості 180.

Досить непоганими в'язкісно-температурними властивостями володіють також оливи Mitsubishi, Honda, Toyota та Nissan для яких індекс в'язкості знаходиться в межах 198-205 од, а тому за даним показником вони теж рекомендовані для застосування в автоматичних трансмісіях CVT.

Оцінюючи втрату текучості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT найефективнішою буде олива фірми Mitsubishi за температури -54 °С, а найменш ефективною є олива виробництва Motul, яка втрачає текучість за температури -40 °С.

Як видно з результатів досліджень температури спалаху дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT найкращий показник в оливи Mitsubishi, що становить 240 °С, а найнижчий в оливи бренду Elf – 175 °С.

Густина трансмісійної оливи впливає на її здатність забезпечувати належне змащування та захист деталей, а неправильний вибір може призвести до зношення, перегріву або недостатньої продуктивності.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Правильна густина є критично важливою, оскільки вона забезпечує створення захисної плівки між рухомими частинами, що знижує тертя та знос. Найоптимальніші значення густини для дослідних олив знаходяться в межах 848-853,5 кг/м³ виробників Motul, Honda, Toyota, Nissan та Elf. Найнижче значення густини отримане для оливи Mitsubishi, що становить 839,2 кг/м³.

Результати дослідження загального кислотного числа дослідних трансмісійних олив для автоматичних трансмісій CVT показують, що мінімальне значення КОН становить 0,64 мгКОН/г для виробника Mitsubishi. Цей показник забезпечить низький рівень окислення оливи, високу стійкість до корозії та зносу компонентів трансмісії.

Високі значення КОН в межах 0,82-0,85 мгКОН/г зафіксовані для виробників Honda, Nissan та Toyota. Це говорить про дещо підвищене окислення оливи, невисоку стійкість до корозії та зносу компонентів трансмісії за даним показником.

Отже, з точки зору ціни, то поза конкуренцією трансмісійна олива бренду Mobil, проте за експлуатаційними показниками можна рекомендувати для застосування оливи виробників Mitsubishi, Honda та Elf.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ali Emadi, Advanced Electric Drive Vehicles, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2015.

2. Shouqi Chen, Linsen Xu, Hong Xu, Jinfu Liu, Gaoxin Cheng, and Kai Cao, "Principle, Design and Simulation of a Novel Continuously Variable Transmission for Robots", 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), pp.73-78, 24-26 May 2019.

3. Linni Jian, and K. T. Chau, "A Novel Electroniccontinuously Variable Transmission Propulsion System Using Coaxial Magnetic Gearing for Hybrid Electric Vehicles", Journal of Asian Electric Vehicles, Vol. 7, No. 2, December 2009.

4. C.-A. Dragos, S. Preitl, R.-E. Precup, C.-S. Nes, D. Pirlea, and A. S. Paul, "Control Solutions for Vehicles with Continuously Variable Transmission", 11th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Hungary, 18-20 November 2010.

5. Ali Naderi, Mortaza Aliasghary, Alireza Pourazar, Hadi Ghasemzadeh, "A 19MFLIPS CMOS Fuzzy Controller to Control Continuously Variable Transmission Ratio", 7th Conference on Ph.D. Research in Microelectronics and Electronics, Trento, Italy, 3-7 July 2011.

6. Theo Hofman, Soren Ebbesen, and Lino Guzzella, "Topology Optimization for Hybrid Electric Vehicles with Automated Transmissions", IEEE, Transactions on Vehicular Technology, Vol. 61, No. 6, July 2012.

7. Reza Kazemi, Mohsen Rafat, and Amir Reza noruzi, "Nonlinear Optimal Control of Continuously Variable Transmission Powertrain", Hindawi Publishing Corporation, ISRN Automotive Engineering, Volume 2014, Article ID 479590, 11 pages.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

8. Wu Zhang, Wei Guo, Chuanwei Zhang, and Farong Kou, "Loss of strain energy in metal belt for continuously variable transmission (CVT) pulley", Springer, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 29, No. 7, pp. 2905-2912, 2015.

9. Bashar Alzuwayer, Aviral Singh, Prasanth Muralidharan, and Zhijun Han, "Model Based Pressure Control of a Push Belt Continuously Variable Transmission", Scientific Research Publishing, Modern Mechanical Engineering, Vol. 6, pp. 99-112, 2016.

10. Deepinder Jot Singh Aulakh, "Development of simulation approach for CVT tuning using dual level genetic algorithm", Taylor & Francis, Cogent Engineering, Vol. 4, No. 1398299, 2017.

11. Wu Guang-bin, Lu Yan-hui, and Xu Xiao-wei, "Optimization of CVT Efficiency Based on Clamping Force Control", Elsevier, Science Direct, IFAC Papers Online, Vol. 51, No. 31, pp. 898-903, 2018.

12. Hangyang Li, Xiaolan Hu, Bing Fu, Jiande Wang, Feitie Zhang, and Yunshan Zhou, "Effective optimal control strategy for hybrid electric vehicle with continuously variable transmission", Advances in Mechanical Engineering, Vol. 11, No. 3, pp. 1-11, 2019.

13. W.W. Yang et al. Investigation of integrated uninterrupted dual input transmission and hybrid energy storage system for electric vehicles. Appl Energy (2020), Volume 262, 15 March 2020, 114446.

14. Z.H. Kan et al. Fine-grained analysis on fuel-consumption and emission from vehicles trace J Clean Prod, 2018, 11445.

15. N. Bizon. Efficient fuel economy strategies for the Fuel Cell Hybrid Power Systems under variable renewable/load power profile. Appl Energy, (2019) Volume 251, 1 October 2019, 113400.

16. G. Kalghatgi. Is it really the end of internal combustion engines and petroleum in transport. Appl Energy, (2018), Volume 225, 1 September 2018, Pages 965-974.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

17. N. Lutsey. Regulatory and technology lead-time: The case of US automobile greenhouse gas emission standards. *Transp Policy*, (2012), Volume 21, May 2012, Pages 179-190.

18. H. Hao et al. Hybrid modeling of China's vehicle ownership and projection through 2050. *Energy*, (2011), Volume 36, Issue 2, February 2011, Pages 1351-1361.

19. H. Hao et al. Regional disparity of urban passenger transport associated GHG (greenhouse gas) emissions in China: a review. *Energy*, (2014), Volume 68, 15 April 2014, Pages 783-793.

20. J. Li et al. Dual-loop online intelligent programming for driver-oriented predict energy management of plug-in hybrid electric vehicles. *Appl Energy*, (2019), Volume 253, 1 November 2019, 113617.

21. Z.W. Liu et al. Critical issues of energy efficient and new energy vehicles development in China. *Energy Policy*, (2018), Volume 115, April 2018, Pages 92-97.

22. J. Han et al. Fundamentals of energy efficient driving for combustion engine and electric vehicles: An optimal control perspective. *Automatica*, (2019), Volume 103, May 2019, Pages 558-572.

23. C.H. Lin. Novel application of continuously variable transmission system using composite recurrent Laguerre orthogonal polynomials modified PSO NN control system. *ISA Trans*, (2016), Volume 64, September 2016, Pages 405-417.

24. S. Van der Meulen et al. Combining extremum seeking control and tracking control for high-performance CVT operation. *Control Eng Pract*, (2014), Volume 29, August 2014, Pages 86-102.

25. M. Korda et al. Linear predictors for nonlinear dynamical systems: Koopman operator meets model predictive control. *Automatica*, (2018), Volume 93, July 2018, Pages 149-160.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

26. S. Xie et al. An energy management strategy based on stochastic model predictive control for plug-in hybrid electric buses. Appl Energy, (2017), Volume 196, 15 June 2017, Pages 279-288.

27. S.Y. Yang et al. Experimental study of model predictive control for an air-conditioning system with dedicated outdoor air system. Appl Energy, (2020), Volume 257, 1 January 2020, 113920.

28. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Handbook / John Wiley and Sons Ltd. – 2022. – 2048 p.

29. Dejan Matijević, Ivan Ivanković, Dr Vladimir Popović. Modern design and control of automatic transmission and the prospects of development. Review Paper, 13(2015)1, 313, p. 51 – 59.

					MP.AT-47.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Комплект ілюстративного матеріалу до захисту
магістерської роботи**

студент групи АТм-24-1

Багира Дмитро Володимирович

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ТРАНСМІСІЙНИХ ОЛИВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНИХ
БЕЗСТУПІНЧАСТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT) В УМОВАХ
ПРИВАТНОЇ ВИРОБНИЧО-КОМЕРЦІЙНОЇ ФІРМИ «ВСК»**

Науковий керівник: доц. Мельник В.М.

**Івано-франківськ
2025р.**

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Актуальність. В сучасних умовах експлуатації автомобілів, особливо в мегаполісах, істотну частку режимів складають малі навантаження і холостий хід. Робота на таких режимах супроводжується підвищеними питомими витратами палива і мастила, підвищеним навантаженням на трансмісію і т.д. Ефективність оливо для варіаторів (CVT) забезпечується їхньою здатністю захищати трансмісію від зносу, забезпечувати плавне перемикання передач і продовжувати термін служби за рахунок специфічних властивостей. Ефективне використання цих трансмісійних оливо залежить від їхнього правильного вибору відповідно до специфікацій виробника автомобіля, що гарантує захист, оптимальне тертя, стійкість до окислення та сумісність з ущільненнями.

Мета роботи є дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних оливо для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах ПВКФ «ВСК».

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз основних показників ефективності роботи безступінчастих автоматичних трансмісій CVT.
2. Здійснити огляд стану питання використання основних типів автоматичних трансмісій.
3. Виконати дослідження експлуатаційних показників використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).
4. Дослідити експлуатаційні показники використання трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

Об'єкт дослідження – трансмісійної оливи для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) основних брендів.

Предмет дослідження – економічні та експлуатаційні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

В роботі виконано дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах ПМКФ «ВСК»; наведено висновки до роботи та подано перелік використаних джерел.

Наукова новизна.

Проведено порівняльний аналіз техніко-економічних показників трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) основних виробників та здійснено рекомендації щодо їх застосування.

Методи дослідження. Під час проведення експериментальних досліджень та обробки результатів застосовувалися методи найменших квадратів та математичної статистики.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підбрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, в тому числі досліджено техніко-економічні та експлуатаційні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT), узагальнено та сформульовано висновки.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО ПВКФ «В.С.К.»

3

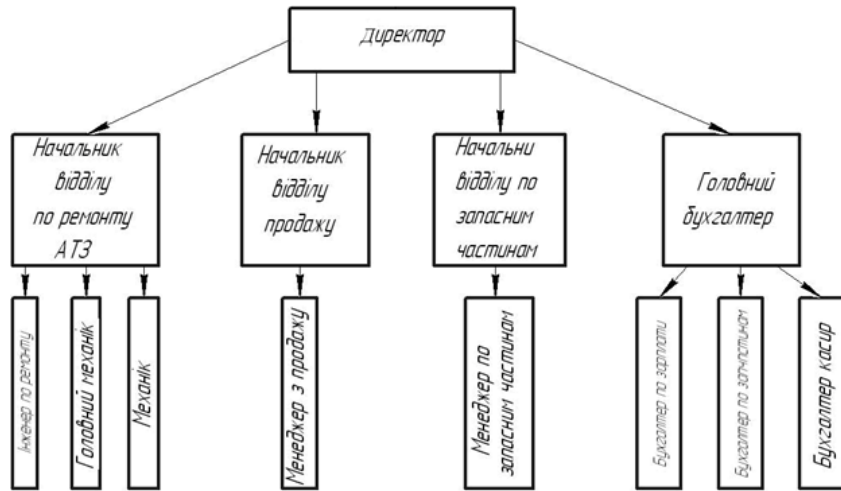


Рисунок 1 – Схема загальної структури управління СТО
СТО ПВКФ «В.С.К.»

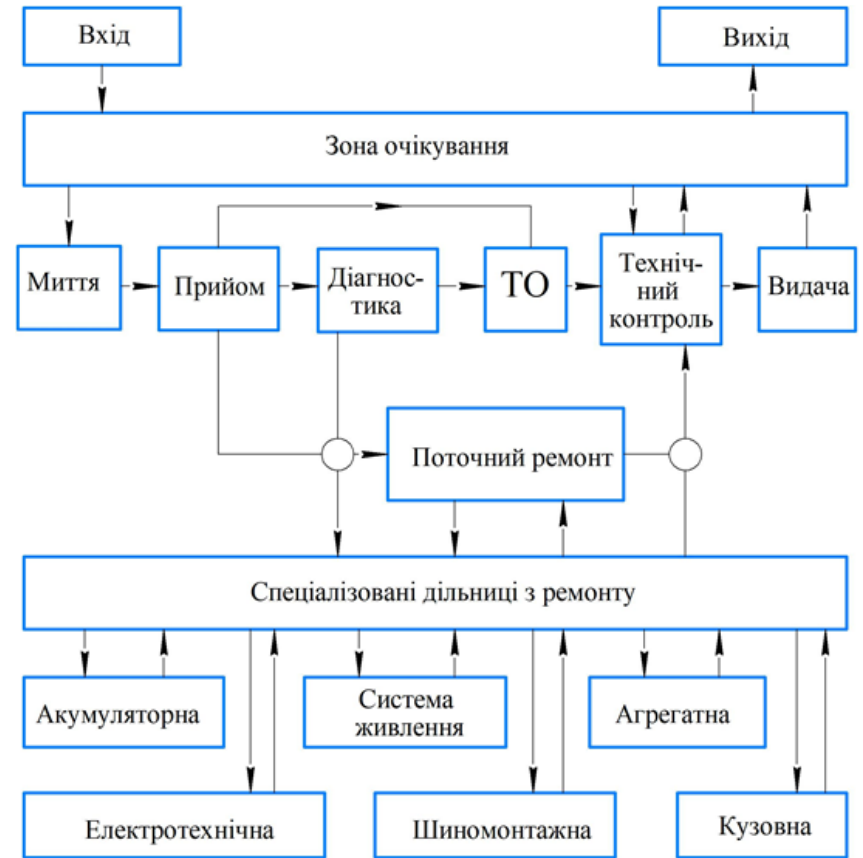


Рисунок 2 – Функціональна схема організації ТО і ПР на СТО

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ, КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ АВТОМАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

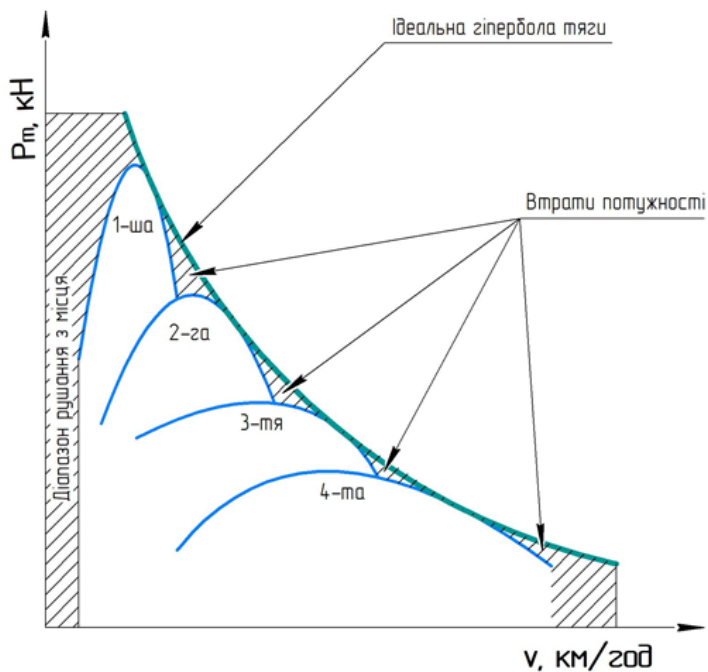
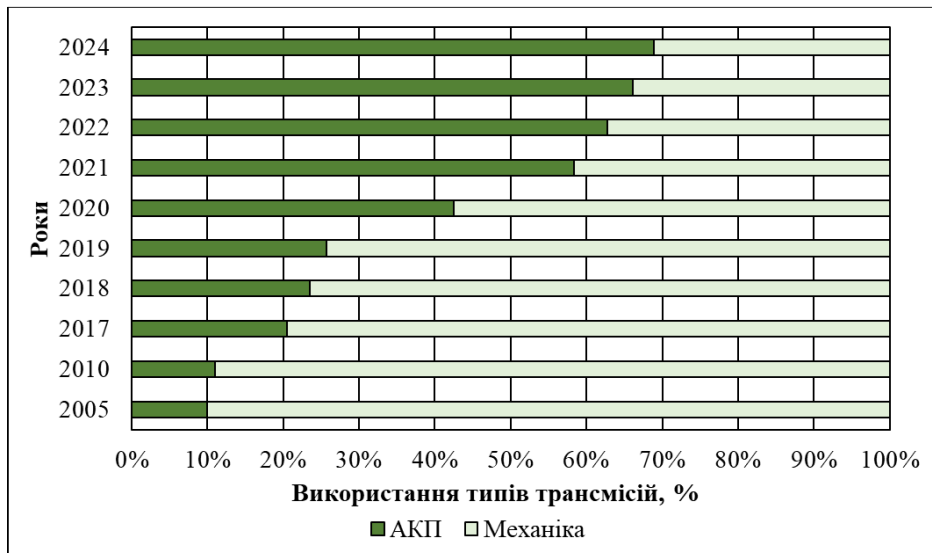


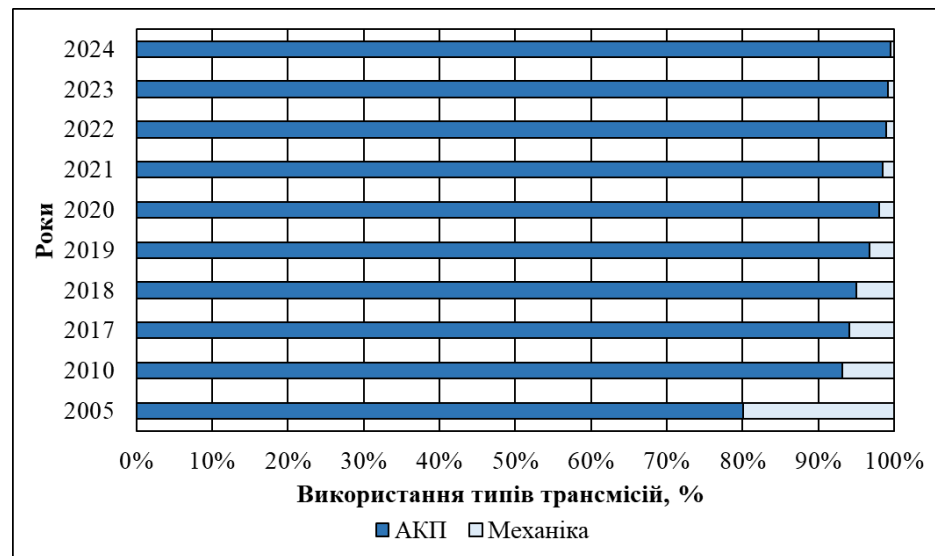
Рисунок 3 – Показники тягового зусилля транспортного засобу на різних передачах



Рисунок 4 – Використання механічної трансмісії за країнами світу



Рисуюнок 5 – Стан використання АКП в Європі за роками



Рисуюнок 6 – Стан використання АКП в США та Канаді за роками

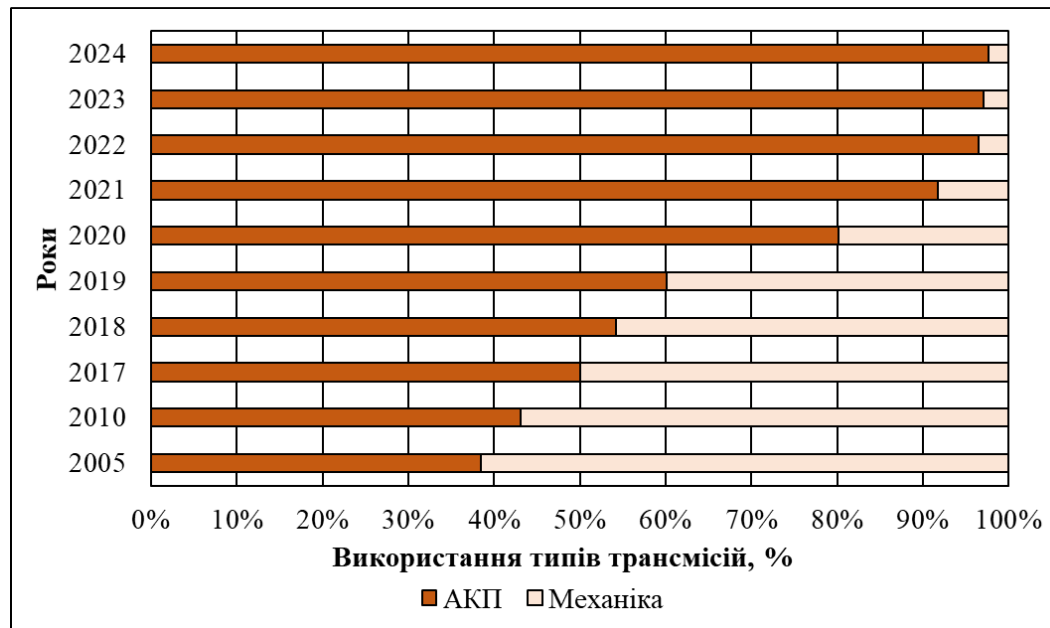
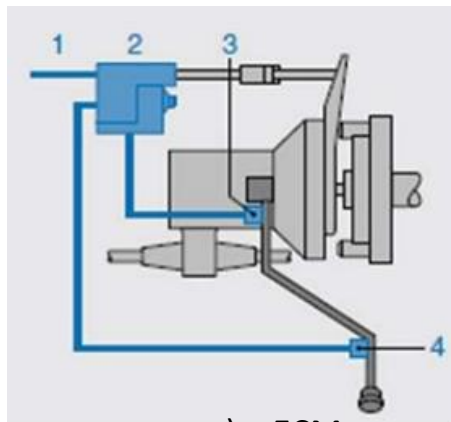
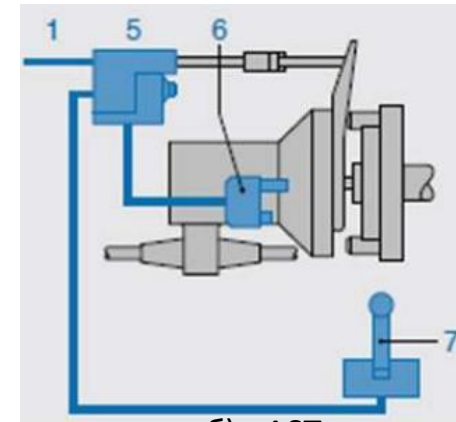


Рисунок 7 – Стан використання АКП в Китаї за роками



а) – ECM



б) - AST

1 – вхідні сигнали; 2 – привід зчеплення з інтегрованим блоком керування двигуном (ECM); 3 – датчик увімкненої передачі; 4 – датчик увімкнення передач на важелі; 5 – привід зчеплення з інтегрованим блоком керування AST; 6 – привід коробки передач; 7 – важіль селектора

Рисунок 8 – Огляд конструкції систем ECM та AST [29]

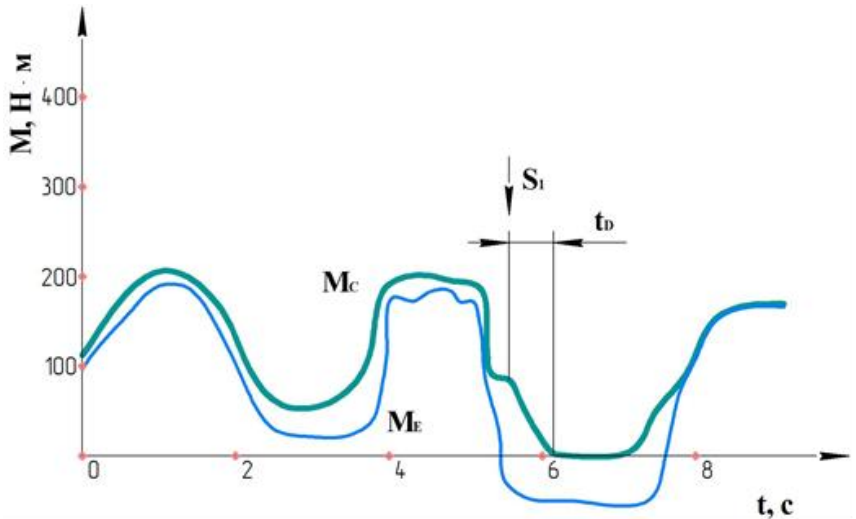


Рисунок 9 – Керування зчепленням та крутним моментом двигуна під час перемикання передач [29]

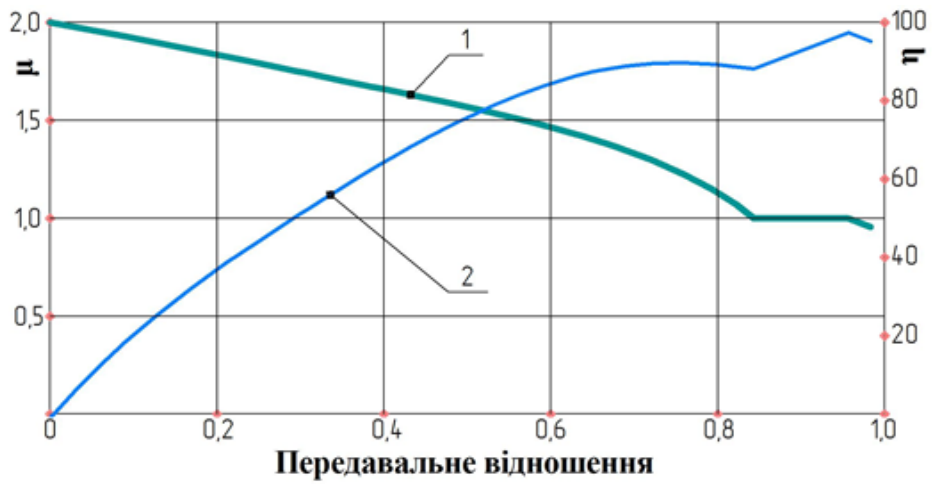


Рисунок 10 – Основні параметри роботи гідротрансформатора [29]

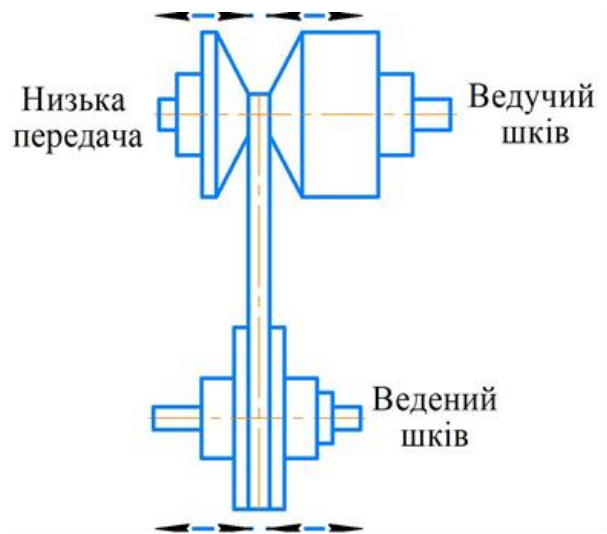


Рисунок 11 – Будова та принцип роботи варіатора на основі шківів

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ БЕЗСТУПНЧАТИХ ТРАНСМІСІЙ (CVT)

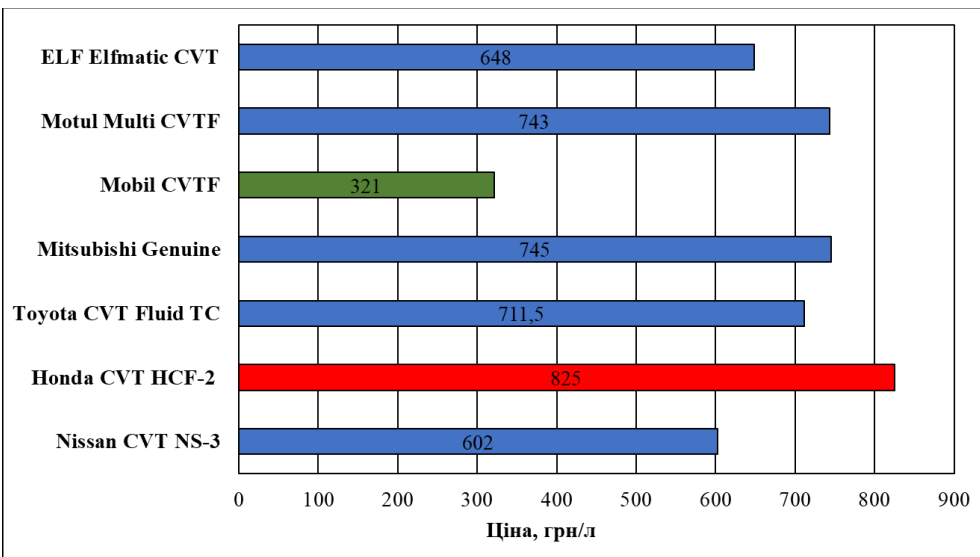


Рисунок 12 – Огляд цін на основні поширені виробники
олив для автоматичних трансмісій CVT

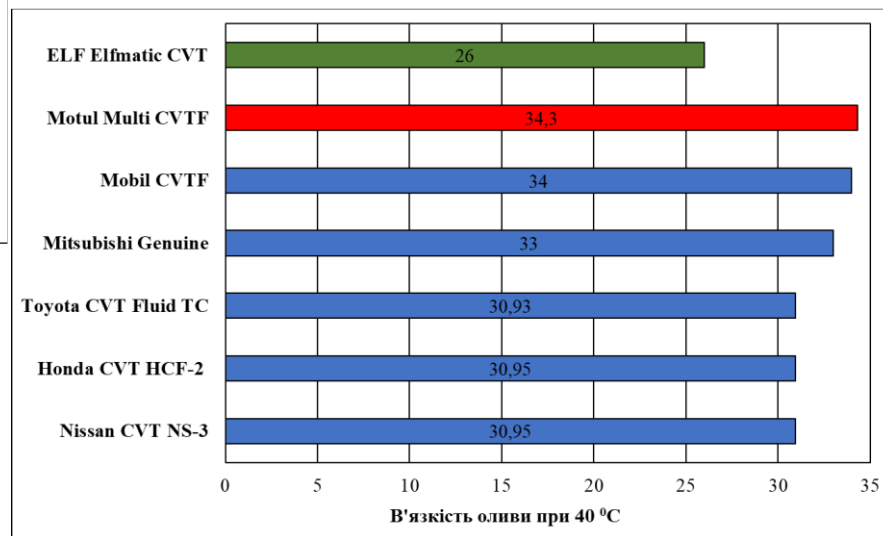


Рисунок 13 – Результати дослідження кінематичної
в'язкості оливи для автоматичних трансмісій CVT за
температури 40 °C

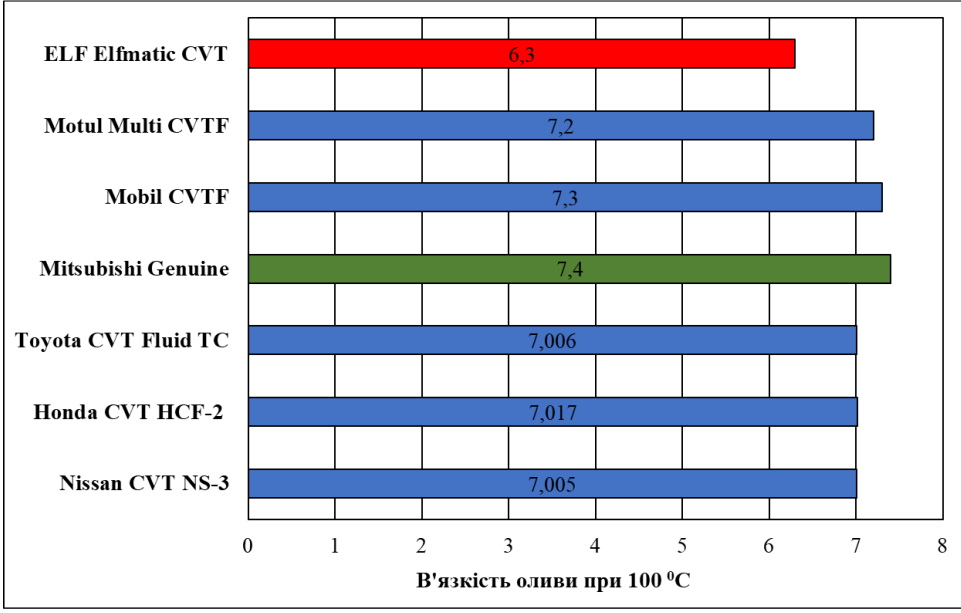


Рисунок 14 – Результати дослідження кінематичної в'язкості олив для автоматичних трансмісій CVT за температури 100 °C

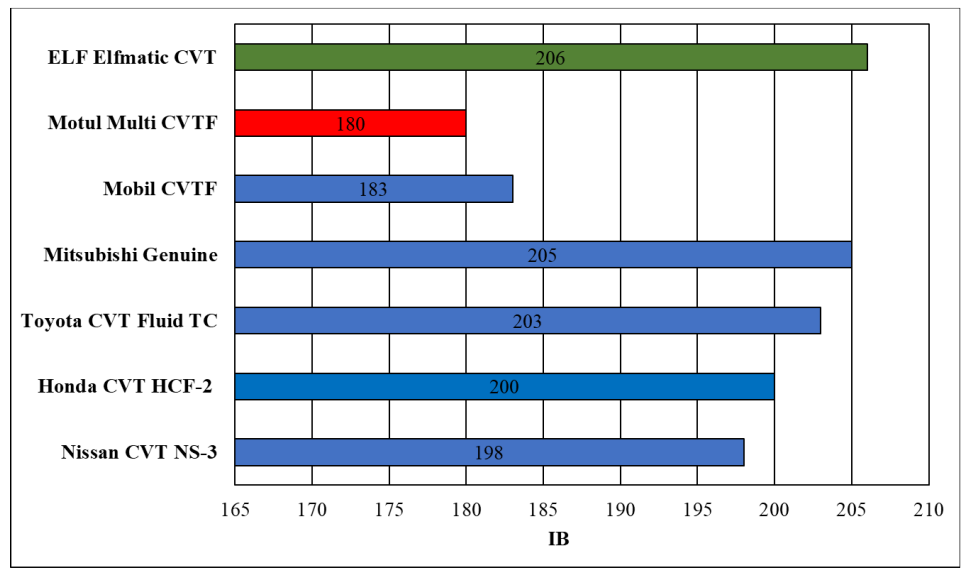


Рисунок 15 – Результати визначення індексу в'язкості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT

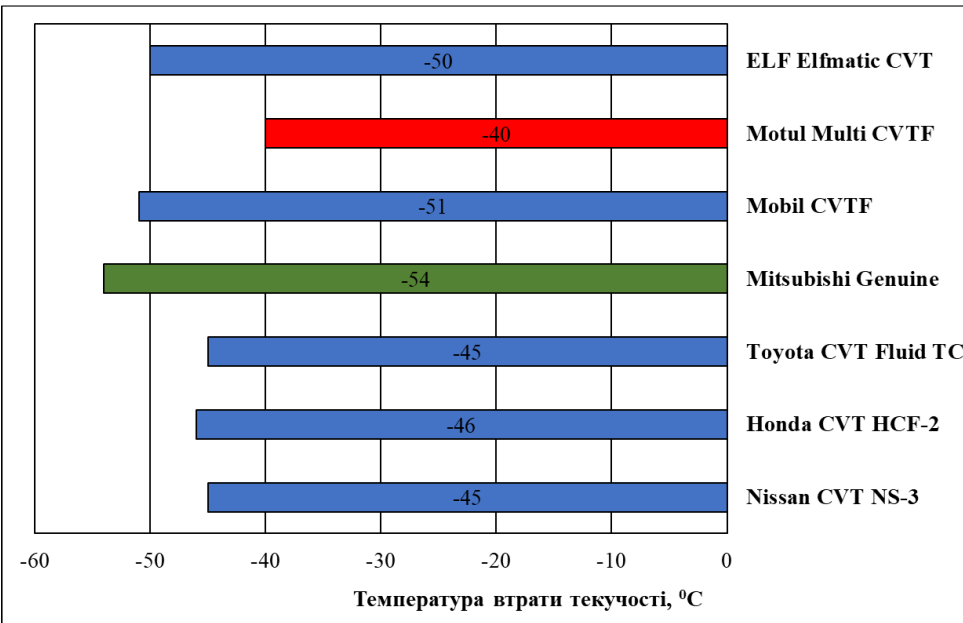


Рисунок 16 – Результати визначення температури втрати текучості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT

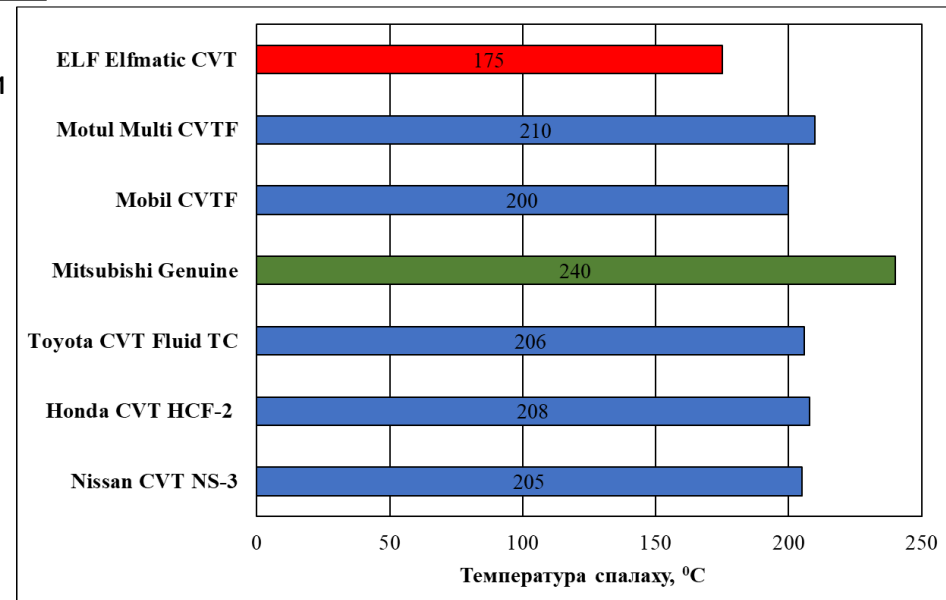


Рисунок 17 – Результати дослідження температури спалаху дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT

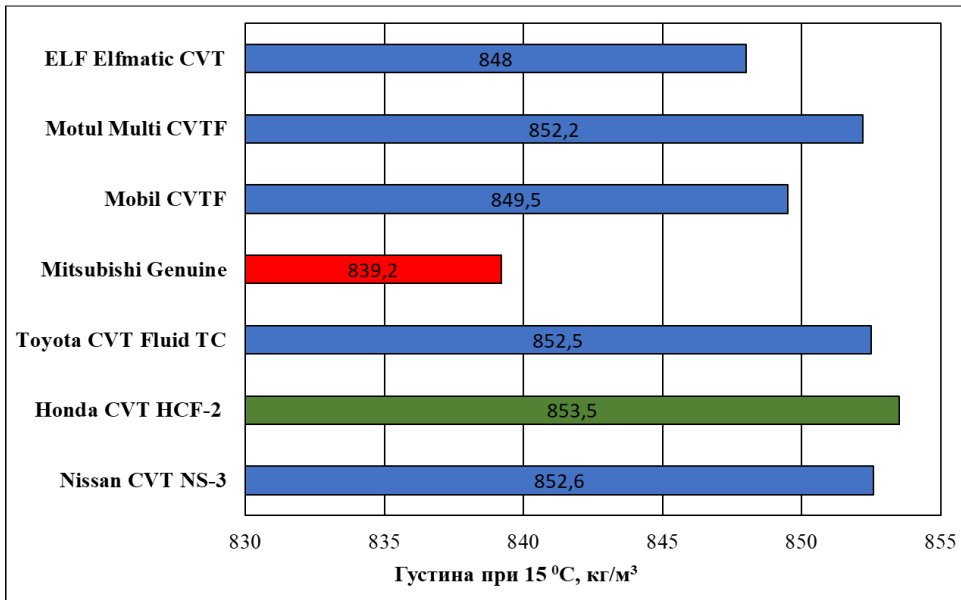


Рисунок 18 – Результати дослідження густини дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT за температури 15 °C

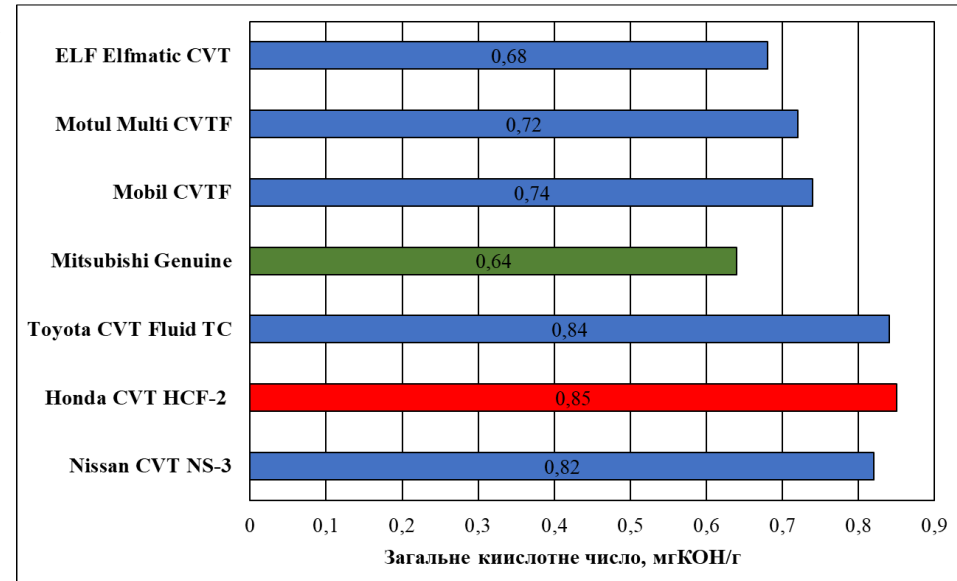


Рисунок 19 – Результати дослідження загального кислотного числа дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT

У магістерській роботі на тему «Дослідження техніко-економічних показників ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT) в умовах Приватної виробничо-комерційної фірми «ВСК» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері ефективності застосування трансмісійних олив та особливостей експлуатації автоматичних трансмісій, досліджено техніко-економічні показники ефективності застосування трансмісійних олив для автоматичних безступінчастих трансмісій (CVT).

З огляду літературних джерел встановлено, що за умови використання сучасних методів керування транспортним засобом, в яких двигун та безступінчаста коробка передач використовуються як об'єкти оптимізації, покращують ефективність трансмісії та забезпечують економію палива транспортним засобом.

Безступінчасті коробки передач (CVT) теоретично мають нескінченну кількість передавальних чисел, що призводить до максимального наближення їх до оптимальних показників трансмісії. Дослідження показали, що навіть сьогодні, коли переваги використання систем керування та мехатроніки є чітко очевидними, багато людей, особливо в Європі (де відсоток проданих легкових автомобілів з автоматичною коробкою передач становить лише 15-20 відсотків, тоді як у Північній Америці та Японії цей відсоток сягає 80-90), вважають, що автоматичні коробки передач занадто дорогі в обслуговуванні та менш надійні через їхню складність та зв'язки з іншими електронними системами в автомобілі, без глибокого розуміння їхніх переваг.

З розглянутих цін на основні поширені виробники олив для автоматичних трансмісій CVT нами встановлено, що найнижча ціна оливи Mobil CVTF Multi-Vehicle і становить 321 грн/л. Дана олива є повністю синтетичною рідиною класу premium, що виготовляється зі спеціально підібраних високоякісних синтетичних базових масел із сучасною системою присадок, призначену для обслуговування безступінчастих трансмісій автомобілів європейських та азійських виробників.

Якісні оливи повинні мати малу в'язкість за низьких температур повітря для забезпечення легкого пуску двигуна і велику в'язкість за робочих температур для забезпечення надійного змащування деталей.

Як бачимо з досліджень за показником в'язкості при температурі 40 °С найефективнішою буде трансмісійна олива Elf, а за температури 100 °С найкращі показники в'язкості в оливи Mitsubishi.

З результатів досліджень, оцінюючи в'язкісно-температурні властивості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT за індексом в'язкості найефективнішою буде олива фірми Elf з показником 206, а найменш ефективною є олива виробництва Motul із значенням індексу в'язкості 180.

Досить непоганими в'язкісно-температурними властивостями володіють також оливи Mitsubishi, Honda, Toyota та Nissan для яких індекс в'язкості знаходиться в межах 198-205 од, а тому за даним показником вони теж рекомендовані для застосування в автоматичних трансмісій CVT.

Оцінюючи втрату текучості дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT найефективнішою буде олива фірми Mitsubishi за температури -54 °С, а найменш ефективною є олива виробництва Motul, яка втрачає текучість за температури -40 °С.

Як видно з результатів досліджень температури спалаху дослідних олив для автоматичних трансмісій CVT найкращий показник в оливи Mitsubishi, що становить 240 °С, а найнижчий в оливи бренду Elf – 175 °С.

Густина трансмісійної оливи впливає на її здатність забезпечувати належне змащування та захист деталей, а неправильний вибір може призвести до зношення, перегріву або недостатньої продуктивності. Правильна густина є критично важливою, оскільки вона забезпечує створення захисної плівки між рухомими частинами, що знижує тертя та знос.

Найоптимальніші значення густини для дослідних олив знаходяться в межах 848-853,5 кг/м³ виробників Motul, Honda, Toyota, Nissan та Elf. Найнижче значення густини отримане для оливи Mitsubishi, що становить 839,2 кг/м³.

Результати дослідження загального кислотного числа дослідних трансмісійних олив для автоматичних трансмісій CVT показують, що мінімальне значення КОН становить 0,64 мгКОН/г для виробника Mitsubishi. Цей показник забезпечить низький рівень окислення оливи, високу стійкість до корозії та зносу компонентів трансмісії.

Високі значення КОН в межах 0,82-0,85 мгКОН/г зафіксовані для виробників Honda, Nissan та Toyota. Це говорить про дещо підвищене окислення оливи, невисоку стійкість до корозії та зносу компонентів трансмісії за даним показником.

Отже, з точки зору ціни, то поза конкуренцією трансмісійна олива бренду Mobil, проте за експлуатаційними показниками можна рекомендувати для застосування оливи виробників Mitsubishi, Honda та Elf.