

Міністерство освіти та науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет автомобільний

Кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів  
ім. проф. Говорущенко М.Я.

## ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З РІЗНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ТА ТИПАМИ ДВИГУНІВ**

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



Володимир ВОЛКОВ

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент



Ігор МАРМУТ

Керівник, канд. техн. наук, доцент



Сергій КРИВОШАПОВ

Студент гр. А-63-23



Юрій АЛЕКСАНДРОВ

Харків - 2024

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет Автомобільний

Кафедра Технічної експлуатації та сервісу автомобілів

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

проф.  **Волков В.П.**  
“ ” 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Александров Юрій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження експлуатаційних властивостей легкового автомобіля з різними параметрами та типами двигунів

керівник проекту (роботи) Кривошапов Сергій Іванович,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ХНАДУ від “10” жовтня 2024 року № 136

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2024



3. Вихідні дані до проекту: Випускна кваліфікаційна робота бакалавра, звіт з практики, науково-технічна інформація, нормативно-правові документи у сфері автомобільного транспорту, періодичні джерела, технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1) Обґрунтування напрямку дослідження; 2) Аналіз основних експлуатаційних властивостей автомобіля; 3) Характеристика автомобілів; 4) Математичне моделювання експлуатаційних властивостей автомобілів; 5) Аналіз результатів математичного моделювання; 6) Розробка алгоритму переобладнання автомобіля; 7) Розробка типового відділення для переобладнання автомобіля; 8) Безпека життя і охорона праці; 9) Техніко-економічна оцінка; Висновки; Переклик джерел; Додаток

5. Перелік графічного матеріалу (у вигляді презентації)

1) Мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження; 2) Аналіз експлуатаційних властивостей автомобіля; 3) Вимоги щодо конструкції автомобіля; 4) Технічна характеристика автомобілів; 5) Математичне моделювання експлуатаційних характеристик автомобіля; 6) Аналіз результатів математичного моделювання; 7) Алгоритм переобладнання автомобілів; 8) Типовий проект зони для переобладнання автомобілів; 9) Технологія технічного обслуговування автомобіля; 10) Висновки дослідження.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
			
всі	Кривошапов С.І.		
розділи			

7. Дата видачі завдання 06.09.2024

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз об'єкту дослідження	10.09.2024	
2	Планувальне рішення	20.09.2024	
3	Розробка вимог до об'єкту дослідження	30.09.2024	
4	Розробка технологій переобладнання	10.10.2024	
5	Математичне моделювання	20.10.2024	
6	Аналіз результатів математичного моделювання	30.10.2024	
7	Розробка алгоритму переобладнання	10.11.2024	
8	Розробка рекомендацій щодо переобладнання	20.11.2024	
9	Безпека життя і охорона праці	25.11.2024	
10	Техніко-економічна оцінка	30.11.2024	
11	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	10.12.2024	

Студент



Александров Ю.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



Кривошапов С.І.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 119 с., 28 рис., 16 табл., 1 додаток, 8 джерел.

ДВЗ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГУНА, ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ, ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ПОТУЖНІСТЬ, ПРИСКОРЕННЯ АВТОМОБІЛЯ.

**Мета дослідження** – удосконалення методів з оцінки експлуатаційних характеристик автомобілів, що дозволяє отримувати діагностичні параметри, необхідні для оцінки технічного стану транспортного засобу.

**Об'єкт дослідження.** Процес зміни експлуатаційних властивості автомобіля залежно від технічних характеристик різних комплектацій двигуна та трансмісії.

**Предмет дослідження.** Технічні параметри різних конструкції автомобіля.

**Методи дослідження.** У роботі використані теоретичні методи математичного моделювання та, рішення і аналізу законів механіки.

Автор у роботі проаналізував декілька марок автомобілів фірми "Мерседес" і, на підставі математичної моделі, провів розрахунки впливу конструктивних параметрів автомобіля на експлуатаційні властивості, а також зробив рекомендації щодо ефективного використання тієї чи іншої марки автомобіля. Розглянуті питання охорони праці.

## ABSTRACT

Thesis: 119 p., 28 fig., 16 tablets,, 1 appendix, 8 sources.

INTERNAL ENGINE VEHICLE, ENGINE CHARACTERISTICS, DYNAMIC CALCULATION, CAR PERFORMANCE, SPEED CHARACTERISTICS, POWER, CAR ACCELERATION.

**The purpose** of the study is to improve methods for assessing the operational characteristics of cars, which allows obtaining diagnostic parameters necessary for assessing the technical condition of the vehicle.

**Object of the study.** The process of changing the operational properties of a car depending on the technical characteristics of different engine and transmission configurations.

**Subject of the study.** Technical parameters of different car designs.

**Research methods.** The paper uses theoretical methods of mathematical modeling and, solving and analyzing the laws of mechanics.

The author analyzed several brands of cars from the Mercedes company and, based on the mathematical model, calculated the impact of the design parameters of the car on the operational properties, and also made recommendations for the effective use of a particular brand of car. Occupational safety issues are considered.

## ЗМІСТ

Вступ .....	8
1 Обґрунтування напрямку дослідження .....	10
2 Аналіз основних експлуатаційних властивостей автомобіля .....	12
2.1 Основні експлуатаційні властивості автомобіля .....	12
2.2 Фактори експлуатаційних властивостей .....	12
2.3 Оцінка експлуатаційної властивості .....	12
3 Характеристика автомобіля .....	14
3.1 Опис та історія моделі .....	14
3.2 Комплектація та двигуни обраного автомобіля .....	15
3.3 Автоматична коробка передач 9G-Tronic .....	20
4 Опис динамічної моделі .....	23
4.1 Аналіз комплектаций автомобіля .....	23
4.2 Визначення зовнішньої швидкісної характеристики .....	24
4.3 Визначення режимів навантаження трансмісії .....	27
4.4 Побудова динамічної характеристики автомобіля .....	30
4.5 Показники розгону автомобіля .....	31
4.6 Показники балансу потужності .....	33
5 Результати розрахунків .....	36
5.1 Зовнішня швидкісна характеристика .....	36
5.2 Динамічна характеристика автомобіля .....	40
5.3 Визначення прискорення, часу та шляху розгону автомобіля .....	51
5.4 Баланс потужності автомобіля .....	71
6 Охорона праці в цеху механічної обробки .....	76
6.1 Виробнича санітарія .....	76
6.2 Основні вимоги техніки безпеки .....	79
6.3 Пожежна безпека .....	81
6.4 Екологічна безпека .....	82
6.5 Розрахунок освітленості приміщення .....	83

6.6 Розрахунок загального електричного навантаження ліній, що живлять розетки та освітлення у приміщенні . . . . .	86
Висновки . . . . .	88
Список використаної літератури . . . . .	89
Додаток . . . . .	90

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Вивчення експлуатаційних властивостей автомобіля - це проблема, яка буде актуальною поки існує автомобіль. У проблематику цього питання насамперед закладений безперервний розвиток конструкції автомобіля з необхідністю покращення експлуатаційних властивостей автомобіля. Безумовно, досліджувати цю проблематику треба за допомогою експериментальних способів з використанням спеціального обладнання, яке повинна задовольняти сучасним вимогам виміру параметрів і отримання інформації. Цим питанням займалися чимало науковців, тому проблематика питання відбита в багатьох наукових працях.

Будь-який автоінженер починає будувати автомобіль з вибору двигуна. Ці агрегати не тільки приводять автомобіль у рух, а й визначають якість поїздки. У процесі десятиліть розробок виробники винайшли різні типи автомобільних двигунів, щоб привнести інновації та ефективність у, здавалося б, такий давно вигаданий механізм, як двигун.

Еволюція автомобільних двигунів йшла рука об руку з еволюцією нових моделей та типів автомобілів. Простіше кажучи, за цим стоїть велика історія. Сьогоднішні автомобільні двигуни складні та точно розроблені для задоволення потреб різних клієнтів. Деякі люди віддають перевагу більшій потужності, в той час як інші більше дбають про паливну економічність. Щоб задовольнити потреби всіх типів клієнтів, автовиробники за останні кілька десятиліть розробили цілу низку різних типів двигунів.

Розробка ДВС нетривіальна, оскільки до мети йде безліч шляхів. Вибір кращого (стосовно конкретної галузі та вимог) є прикладом багатофакторної оптимізації. Тут недостатньо інтуїції, потрібні великі витрати розробки варіантів, ресурсні випробування. Тенденції розвитку двигунобудування надають багато варіантів подальшого розвитку.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дипломна робота магістра відповідає науковій тематики кафедри ТЕСА ХНАДУ, яка займається розробкою методів діагностики та прогнозування технічного стану, і

направлена на дослідження експлуатаційних властивостей автомобілів в умовах експлуатації.

**Мета дослідження** – удосконалення методів з оцінки експлуатаційних характеристик автомобілів, що дозволяє отримувати діагностичні параметри, необхідні для оцінки технічного стану транспортного засобу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– проаналізувати фактори, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля;

– проаналізувати можливі комплектації автомобілів: за типом палива, двигуна, трансмісії та ходової частини;

– побудувати математичну модель для визначення динамічних властивостей автомобілів з різними типами двигунів і трансмісій.

– провести розрахунки за математичної моделлю динамічних властивостей для деяких модифікацій одної марки автомобілів.

– провести порівняльний аналіз результатів моделювання та зробити висновок щодо оцінки ефективності різних моделей автомобілів.

**Об'єкт дослідження.** Процес зміни експлуатаційних властивості автомобіля залежно від технічних характеристик різних комплектацій двигуна та трансмісії.

**Предмет дослідження.** Технічні параметри різних конструкції автомобіля.

**Методи дослідження.** У роботі використані теоретичні методи математичного моделювання та, рішення і аналізу законів механіки.

**Наукова новизна отриманих результатів:** встановлено взаємозв'язок між технічними параметрам автомобіля та динамічними властивостями.

**Практичне значення отриманих результатів.** Методика та результати оцінки динамічних властивостей автомобіля може використовувати для надання рекомендації щодо ефективного використання автомобіля відповідно до умов експлуатації.

## 1 ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Історія першого автомобіля починається з винаходу перших механізмів і машин, що передують появі сучасного автомобіля - колісного транспортного засобу, створеного для перевезення людини дорогами без застосування м'язової сили людей або тварин. Поява перших машин, що приводяться в рух двигунами внутрішнього згоряння на основі газоподібного палива, призвела до появи повсюдно використовуваного сьогодні газолінового або бензинового двигуна внутрішнього згоряння. Машини, що працюють на електриці, що досягли свого часу піку розвитку на початку ХХ століття, майже повністю зникли з поля зору аж до початку ХХІ століття, коли знову виникла зацікавленість у малотоксичному та екологічно чистому транспорті. По суті, ранню історію автомобіля можна розділити на етапи, що відрізняються переважним способом самохідного руху. Пізні етапи визначалися тенденціями у розмірі та стилістиці зовнішнього вигляду, а також перевагами у цільовому використанні.

До найважливіших тенденцій світового автомобілебудування на початку ХХІ століття можна віднести особливу увагу до покращення екологічних та економічних показників ДВЗ (каталітичні нейтралізатори та дизелі нового покоління, нові типи палив, включаючи біопаливо), створення гібридних систем (ДВС+електродвигун), підвищення рівня безпеки, поліпшення ходових якостей (повний привід, електронні системи допомоги водінню), “інтелектуалізації” автомобіля загалом.

Деякими особливо примітними розробками в сучасну епоху стали широке поширення переднього та повного приводу, впровадження дизельного двигуна та повсюдне використання упорскування палива. Хоча всі з перерахованих були вперше застосовані раніше, вони настільки домінують на сучасному ринку, що досить просто упустити їхнє значення. Практично всі сучасні пасажирські автомобілі мають кузов, передній привід і поперечне розташування двигуна, однак такий дизайн ще в 1960-х роках розглядався як радикально новаторський.

У сучасну епоху змінилися і кузови. Сьогодні на ринку домінують три типи кузова: хетчбек, мінівен та SUV, незважаючи на те, що це відносно нові концепції.

Всі три типи спочатку створювалися як практичні кузови, але перетворилися на сучасні потужні люксові кросовери SUV та спортивні універсали. Зростання популярності вантажопасажирських автомобілів (пікапів) у США та SUV по всьому світу змінило вигляд автопарку.

У сучасну епоху швидко зростали також ефективність палива та потужність двигунів. Як тільки проблема шкідливих викидів, що виникла в 1970-і роки, була вирішена за допомогою комп'ютерних систем управління двигуном, потужність останніх стала швидко зростати. У 80-ті потужний спортивний автомобіль міг розвивати 200 л. с. (150 кВт). Лише через 20 років така потужність має середній пасажирський автомобіль, а деякі енергоозброєні моделі пропонуються з двигунами втричі потужнішими.

## 2 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

### 2.1 Основні експлуатаційні властивості автомобіля

Експлуатаційні властивості автомобіля характеризують можливість його ефективного використання у визначених умовах і дозволяють оцінити ступінь відповідності конструкції автомобіля вимогам експлуатації. Ці властивості активно досліджуються у сучасних наукових роботах.

До основних експлуатаційних властивостей автомобіля відносяться такі:

- тягово-швидкісна ефективність;
- гальмівна ефективність;
- паливна економічність;
- керованість та стійкість руху;
- прохідність;
- плавність ходу.

### 2.2 Фактори експлуатаційної властивості

Всі основні експлуатаційні властивості автомобіля безпосередньо пов'язані з його рухом і тією чи іншою мірою визначають закономірності цього руху. Тому проблематики експлуатаційних властивостей автомобіля торкаються і провідні наковці з безпеки дорожнього руху.

Кожна експлуатаційна властивість залежить від трьох факторів:

- основних параметрів автомобіля;
- особливостей робочих процесів його агрегатів;
- технічного стану агрегатів.

Експлуатаційні властивості автомобіля розглядаються звичайно ізольовано один від одного, що полегшує процес їхнього розгляду. Насправді ж експлуатаційні властивості тісно пов'язані між собою і зміна конструктивних параметрів автомобіля, розпочата для зміни однієї з властивостей, неминуче відбивається на

інших. Наприклад, тягово-швидкісні властивості визначають максимальну швидкість руху автомобіля, але вона ж може бути обмежена через погану керованість та стійкість руху, неефективність гальмування, великі динамічні навантаження тощо. Тому кінцева оцінка функціональним можливостям автомобіля дається з урахуванням усього комплексу експлуатаційних властивостей, де найважливішими є ті, що відповідають за безпеку руху – це гальмівна ефективність, керованість та стійкість руху автомобіля.

### 2.3 Оцінка експлуатаційних властивостей

Найбільш сучасними способами передачі та отримання інформації є аналогово-цифровий та цифровий способи. Важливим ланцюгом в оцінці експлуатаційних властивостей автомобіля є дорожні випробування. Для цього використовується різноманітна апаратура, яка пристосовується до кожного експлуатаційного параметру окремо. Відповідно, щоб оцінити декілька експлуатаційних параметрів треба послідовно застосувати різні спеціальні прилади.

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБІЛЯ

Для дослідження експлуатаційних властивостей з різними типами та об'ємом двигуна було вирішено обрати один із найтехнологічніших сучасних автомобілей, а саме Mercedes-Benz E-класу в кузові W213 2016-2020 років випуску (рис. 3.1). E-клас вважається бізнес класом модельного ряду відомого бренду, який за довгий термін виробництва різних поколінь зарекомендував себе іконою автомобілебудування. Саме з поколінням W213 компанія Mercedes-Benz зробила великий акцент на технологічність та інноваційність цієї моделі.



Рисунок 3.1 - Mercedes-Benz W213

Для порівняння було обрано 2 типи двигунів внутрішнього згоряння з різним об'ємом між собою, це 2 бензинових двигуна (M274 DES 20 AL (1991 см<sup>3</sup>) та M177 DE 40 AL (3996 см<sup>3</sup>)) та 2 дизельних (OM654 D 20 SCR (1950 см<sup>3</sup>) та OM656 D 29 SCR (2925 см<sup>3</sup>)).

#### 3.1 Опис та історія моделі

Mercedes-Benz E-Class – седан класу "E" оснащується із заднім або повним

приводом. Світова прем'єра п'ятого покоління моделі у кузові W213 відбулася на автосалоні у Детройті у січні 2016 року.

Гарний та елегантний. Дизайнери Мерседес-Бенц чудово впоралися зі своїм завданням, але ще більших успіхів досягли інженери німецької компанії. Е-Клас можна без перебільшення назвати якщо не технічним дивом, то чимось близьким. Наприклад, у седана є два дисплеї по 12,3 дюйми кожен, адаптивний круїз-контроль, система утримання в смузі з активним підрулюванням (стежить не тільки за розміткою, але і за роздільними бар'єрами, сусідніми машинами і так далі), аварійне гальмування, що розпізнає пробки, активний моніторинг «сліпих зон» з корекцією траєкторії для запобігання зіткненню, система паркування зі смартфона та багато іншого.

В основі нового Е-Class лежить платформа MRA з двоважелевою передньою підвіскою та багатоважелевою задньою. Шасі може оснащуватися звичайними пружинами з активними амортизаторами або пневмопідвіскою. У конструкції кузова інженери традиційно застосували комбінацію алюмінію і сталі, але змогли істотно підвищити жорсткість і досягти зниження ваги. Крім того, коефіцієнт опору повітря знизився на два пункти і дорівнює 0,23.

Моторна гама Mercedes-Benz Е-Class традиційно різноманітна. Бензинове сімейство у ній представляє версія Е 200 з 2-літровим агрегатом, що видає 184 л. с. потужності та 300 Нм крутного моменту, версія Е 400 4Matic з 3-літровим мотором (333 л. с., 480 Нм), а також ще одна версія з 2-літровим 245-сильним «серцем». Дизельних модифікацій теж кілька – Е 220d та Е 350d з 2-літровим та 3-літровим двигунами відповідно. Видають вони 194 та 258 «конячок» (400 і 620 Нм). Але це ще не все: запропонують і гібрид Е 350e на базі дволітрової бензинової «четвірки» з сумарною віддачею 279 л. с. та 600 Нм. Коробки передач – 9-ступінчасті автоматичні 9G-Tronic.

### 3.2 Комплектація та двигуни обраного автомобіля

Для дослідження експлуатаційних властивостей приведено 4 комплектації

одного автомобіля з різними версіями та потужністю двигунами (по 2 версії бензинової та дизельної лінійки), типом приводу та варіантами АКПП. Коефіцієнт аеродинамічного опору: 0.23. Ходова та рульові частини в математичній моделі враховуватись не будуть. Маса та габаритні характеристики також будуть різними.

### 3.2.1 Бензинова версія E200

Даний автомобіль оснащений рядним 4-х циліндровим бензиновим двигуном M274 DES 20 AL (рис. 3.2.1) об'ємом 1991 см<sup>3</sup> з турбонаддувом і безпосереднім упорскуванням палива.



Рисунок 3.2.1 - Двигун M274

Двигун 16 клапанний, привід ГРМ ланцюгом, з фазорегуляторами на кожному з розподільчих валів. Упорскування палива безпосереднє. Усі варіанти двигуна оснащені турбонаддувом. Двигун має блок циліндрів та ГБЦ з алюмінієвого сплаву. Гільзи циліндрів виконані плазмовим напиленням з використанням залізовмісної композиції. Є балансувальні вали, а масляний та водяний насоси у двигуна регульовані. Конструкція двигунів даного покоління оптимізована для максимального підвищення механічного ККД за рахунок відмови від основних пар тертя в механізмі ГРМ та зниження втрат на привід маслососа та помпи, а також

супутніх втрат на перетікання газів у картері.

Базові характеристики:

- Робочий об'єм: 1991 см<sup>3</sup>;
- потужність: 135 кВт (184 л.с.) при 5500 об/хв;
- крутний момент: 300 Н·м при 1200–4000 об/хв;
- безпосереднє упорскування палива;
- оснащений турбонаддувом;
- задній привід;
- АКПП 9G-Tronic, 9 ступеней передач;
- Максимальна швидкість: 224 км/год;
- Маркування шин: 205/65/R16.

### 3.2.2 Бензинова версія Mercedes-AMG E 63 S 4MATIC+

Топова версія покоління W213 оснащена бензиновим бітурбо M177 DE 40 AL об'ємом 3996 см<sup>3</sup> (рис. 3.2.2). Двигун Mercedes-Benz M177 є бензиновим V8 поршневим двигуном внутрішнього згоряння з двома турбокомпресорами. Кут розвалу циліндрів становить 90 °. Діаметр циліндра дорівнює 83 мм, хід поршня - 92 мм.

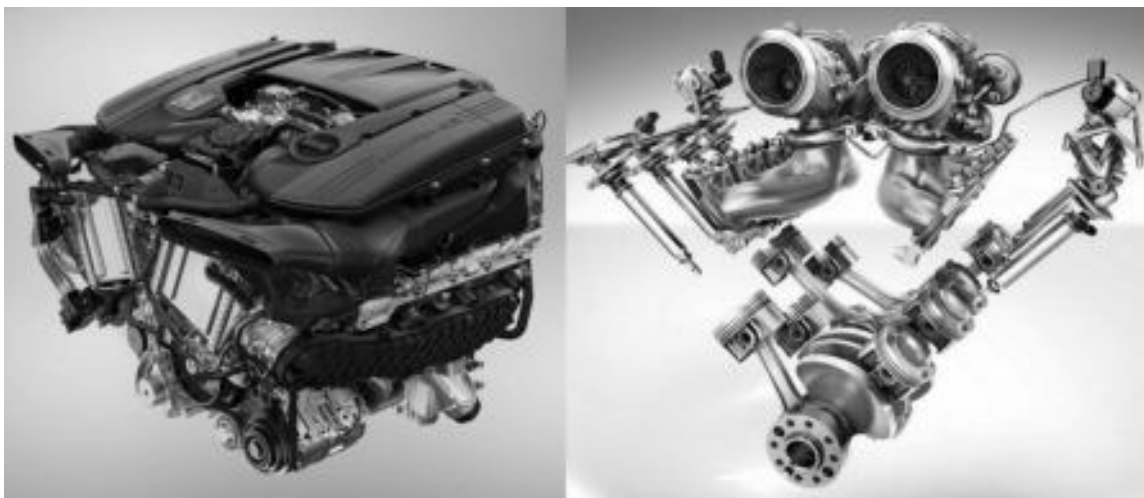


Рисунок 3.2.2 - Двигун M177 DE 40 AL

Два працюючих паралельно турбокомпресора Borg Warner розташовані в

центрі двигуна, між циліндрами. У такому вигляді силовий агрегат займає менший обсяг, швидше реагує на газ і має менше шкідливих викидів. Тиск наддуву досягає 1,2 бара. Система безпосереднього упорскування з електронним управлінням оснащена п'єзофорсунками Bosch 3-го покоління, здатними подавати пальне до семи разів за один такт (тиск коливається від 100 до 200 бар). Блок двигуна відлитий з легкого алюмінієвого сплаву, в головці блоку також переважно задіяний алюміній з невеликою кількістю цирконію. Система живлення горючою сумішшю передбачає наявність 32 клапанів, чотирьох розподільних валів. Крім того, двигун оснащується кованими поршнями, спеціальним покриттям циліндрів NANOSLIDE (карбід заліза), що зменшує навантаження при терті, а також систему з сухим алюмінієвим картером (відлитим у піщаній формі).

Базові характеристики:

- Робочий об'єм: 3982 см<sup>3</sup>;
- потужність: 450 кВт (612 л.с.) при 5750-6500 об/хв;
- крутний момент: 850 Н·м при 2500–4500 об/хв;
- безпосереднє упорскування палива;
- оснащений 2 турбокомпресорами ;
- повний привід;
- АКПП AMG SPEEDSHIFT MCT 9G-Tronic, 9 ступеней передач;
- Максимальна швидкість: 300 км/год;
- Маркування шин: 295/30/R20.

### 3.2.3 Базова дизельна версія Mercedes E200d

Модульний рядний чотирициліндровий дизельний двигун (OM654 D 20 SCR), який випускається компанією Mercedes-Benz з 2016 року. Робочий об'єм 1950 см<sup>3</sup> (рис. 3.2.3). Оснащується з безпосереднім упорскуванням палива системи Common rail (з тиском упорскування до 2000 бар). Діаметр циліндра становить 82 мм, хід поршня дорівнює 92,3 мм, відстань між циліндрами – 90 мм.



Рисунок 3.2.3 - Двигун OM654 D 20 SCR

Картер двигуна та головки блоку циліндрів виконані з алюмінієвого сплаву. Поршні виготовляються із сталі. Ступінь стиску - 15,5:1. Циліндри покриті матеріалом Nanoslide для зниження тертя. Двигун оснащується турбокомпресором, що охолоджується водою, зі змінною геометрією турбіни. Крім того, двигун включає як рециркуляцію вихлопних газів низького тиску (EGR), так і високого тиску.

Базові характеристики:

- Робочий об'єм: 1950 см<sup>3</sup>;
- потужність: 110 кВт (150 л.с.) при 3200-4800 об/хв;
- крутний момент: 360 Н·м при 1400–2800 об/хв;
- безпосереднє упорскуванням палива системи Common rail;
- оснащений турбонаддувом;
- задній привід;
- АКПП 9G-Tronic, 9 ступеней передач;
- Максимальна швидкість: 224 км/год;
- Маркування шин: 205/65/R16.

### 3.2.4 Дизельна модифікація E350d

Mercedes-Benz OM656 (рис.3.2.4) - турбований рядний шестициліндровий

дизельний двигун, що виробляється Mercedes-Benz з 2017 року. Був уперше представлений на рестайлінгу W222 S-Class. Робочий об'єм: 2925 см<sup>3</sup>, потужність: 210 кВт (286 к.с.) при 3400–4600/хв, момент, що крутить: 600 Нм при 1200–3200/хв.



Рисунок 3.2.4 - Дизельний двигун OM656 D 29 SCR

Двигун OM656 має два розподільні вали зі зміною фаз газорозподілу, а також використовує впорскування AdBlue та рециркуляцію відпрацьованих газів для зниження шкідливих викидів. Стінки циліндрів покриті сплавом із заліза та вуглецю для зниження тертя.

Базові характеристики:

- Робочий об'єм: 2925 см<sup>3</sup>;
- потужність: 210 кВт (286 л.с.) при 3600-4600 об/хв;
- крутний момент: 600 Н·м при 1200–3200 об/хв;
- безпосереднє упорскуванням палива системи Common rail;
- оснащений 2 турбонаддувами;
- задній привід;
- АКПП 9G-Tronic, 9 ступеней передач;
- Максимальна швидкість: 250 км/год;
- Маркування шин: 245/45/R18.

### 3.3 Автоматична коробка передач 9G-Tronic

9G-Tronic (код 725) або NAG3 (рис. 3.3.1) - торгова марка 9-ступінчастих автоматичних коробок передач німецької компанії Mercedes-Benz, які в 2013 році замінили модель 7G-Tronic.



Рисунок 3.3.1 - АКПП 9G-Tronic (код 725)

АКПП 9G-Tronic прийшла на зміну своїй попередниці 7G-Tronic у 2013 році, ставши 7-ю автоматичною коробкою перемикання передач компанії Mercedes-Benz. При розробці нової 9-ступінчастої автоматичної коробки передач інженери-конструктори компанії Mercedes-Benz зосередилися на питаннях полегшення конструкції зі збереженням її розмірів та реалізації схеми з дев'ятьма передачами за мінімальної кількості планетарних рядів та механізмів перемикання передач. В результаті інтенсивного комп'ютерного системного аналізу та синтезу це завдання конструкторам вдалося вирішити, обійшовшись всього чотирма простими планетарними рядами та шістьма механізмами перемикання передач.

9G-Tronic є удосконаленим варіантом трансмісії 7G-Tronic Plus і є першою в світі 9-ступінчастою автоматичною коробкою передач у преміум-сегменті. Незважаючи на дві додаткові передачі і максимальний переданий крутний момент до 1000 Нм, нова автоматична коробка передач вимагає стільки ж місця для

установки, скільки і її попередник, хоча за вагою вона значно легша. Двоскладова конструкція корпусу залишилася без змін: корпус гідротрансформатора виготовлений з легкого алюмінієвого сплаву, а корпус коробки з оптимізованим пластиковим масляним піддоном виконаний з більш легкого магнієвого сплаву. Три датчики частоти обертання стежать за роботою трансмісії та забезпечують систему управління коробкою передач відповідною інформацією для ефективного перемикання передач.

Автоматична коробка передач 9G-Tronic обладнується двома насосами. Істотно зменшений у розмірах, механічний основний насос розташовується поруч із вторинним валом - конструктивно поза його осі; рух він наводиться за допомогою ланцюга і доповнений окремим електричним насосом. Така конструкція, з одного боку, дозволяє активно, залежно від навантаження, регулювати обсяг потоку мастильно-охолоджувальної рідини, а з іншого забезпечує сумісність АКПП 9G-Tronic з функцією старт-стоп двигуна.

## 4 ОПИС ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ

### 4.1. Аналіз комплектацій автомобіля

Дані по вітчизняним та зарубіжними аналогами приймаємо по довіднику НІІАТ. Для вибору комплектацій встановимо наступні критерії, яким вони мають відповідати:

- Тип АТЗ – Легковий;
- Клас – транспортний засіб (ТЗ) категорії  $M_1$ ;
- Місткість – 4 осіб;
- Максимальна швидкість  $v_{\max} = 224-300$  км/год;
- Максимальний коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати автомобілем на першій передачі  $\psi_{\max} = 0,45$ ;
- Коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати проектованим автомобілем при русі з максимальною швидкістю  $\psi_v = 0,015$ .

Основні параметри комплектацій автомобіля представимо в виді зведеної таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри, що характеризують експлуатаційні та технічні якості автомобіля Mercedes Benz W213

Параметри	Характеристики комплектацій Mercedes-Benz W213			
	M274	M177	OM654	OM656
Вид автомобіля	Легковий			
Компоновочна схема	4x2	4x2	4x2	4x2
Число місць для пасажирів	4	4	4	4
Споряджена маса $m_0$	1575	1955	1680	1905
Повна маса $m_a$	2215	2525	2320	2545
Максимальна швидкість $v_{\max}$ , км/год	224	300	224	250
Час розгону з місця до 100 км/год	8,1	3,5	8,4	4,9

Продовження табл. 4.1

Параметри	Характеристики комплектацій Mercedes-Benz W213			
	M274	M177	OM654	OM656
Двигун	бензиновий	бензиновий	дизельний	дизельний
Робочий об'єм $V_p$ , л	2	4	2	3
Наявність обмежувача частоти обертання двигуна	Встановлений	Встановлений	Встановлений	Встановлений
Максимальна потужність двигуна $N_{max}$ , кВт	135	450	110	210
Частота обертання двигуна при максимальній потужності $n_N$	5500	5750-6500	3200-4800	3600-4600
Максимальний крутний момент $M_{max}$ , Н·м	300	850	360	600
Частота обертання двигуна при максимальному крутному моменті $n_M$	1200-4000	2500-4500	1400-2800	1200-3200
Зчеплення	однодискове	мультизчеплення	однодискове	однодискове
Коробка передач	АКПП	АКПП	АКПП	АКПП
Передаточні числа коробки передач				
$U_{k1}$	5.5	5.5	5.5	5.5
$U_{k2}$	3.33	3.33	3.33	3.33
$U_{k3}$	2.31	2.31	2.31	2.31
$U_{k4}$	1.66	1.66	1.66	1.66
$U_{k5}$	1.21	1.21	1.21	1.21
$U_{k6}$	1	1	1	1
$U_{k7}$	0.87	0.87	0.87	0.87
$U_{k8}$	0.72	0.72	0.72	0.72
$U_{k9}$	0.6	0.6	0.6	0.6
$U_{k0}$	3,06	3,06	3,06	3,06
Число осей	2x1	2x1	2x1	2x1
Маркування шин	205/65/R16	295/30/R20	205/65/R16	245/45/R18
Статичний радіус колеса $r_s$ , м	0,426	0,426	0,426	0,426
Габаритна висота, $H$ , м	1,468	1,468	1,468	1,468
База, $L$ , м	2,939	2,939	2,939	2,939

Продовження табл. 4.1

Параметри	Характеристики комплектацій Mercedes-Benz W213			
	M274	M177	OM654	OM656
Коля передніх коліс, В, м	1,619	1,646	1,619	1,619
Коефіцієнт супротиву повітря k,	0,23	0,23	0,23	0,23
Коефіцієнт корисної дії $\eta$	0,91	0,91	0,91	0,91

#### 4.2 Визначення зовнішньої швидкісної характеристики двигуна

Необхідну потужність двигуна  $N$ , кВт, для руху автомобіля з максимальною швидкістю визначимо за наступною формулою:

$$Nv = \frac{m_a \cdot g \cdot \Psi_v \cdot v_{\max}}{3600 \cdot \eta_{\text{тпр}}} + \frac{k \cdot F \cdot v_{\max}^3}{46656 \cdot \eta_{\text{тпр}}}, \quad (4.1)$$

де  $V_{\max}$  – максимальна швидкість руху ТЗ, км/год;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння;

$\Psi_v = 0,015$  – коефіцієнт сумарного дорожнього опору;

$k$  – коефіцієнт опору повітря;

$F$  – лобова площа АТЗ,  $\text{м}^2$ ;

$\eta$  – КПД трансмісії.

Площина лобової поверхні АТЗ визначаємо з формули:

$$F = m_f \cdot H \cdot B, \quad (4.2)$$

де  $m_f$  – коефіцієнт заповнення лобової площини автомобіля;

$B$  – коля передніх коліс;

$H$  – габаритна висота автомобіля.

Максимальна потужність двигуна визначається з залежності:

$$N_{e \max} = \frac{N_v}{A_1 \cdot \frac{n_{N \max}}{n_N} + A_2 \cdot \left(\frac{n_{N \max}}{n_N}\right)^2 - A_3 \cdot \left(\frac{n_{N \max}}{n_N}\right)^3}, \quad (4.3)$$

де  $N_e$  - поточне значення потужності двигуна, відповідне частоті обертання валу двигуна, кВт;

$N_{e \max}$  - максимальна потужність двигуна при частоті обертання колінчатого валу, кВт;

$n_N$  - обороти двигуна при максимальній потужності двигуна, об/хв.

$A_1$  та  $A_2$  - емпіричні коефіцієнти, які характеризують тип двигуна внутрішнього згорання.

Їх значення для бензинових двигунів  $A_1=1$ ;  $A_2=1$  та для дизельних двигунів  $A_1=0,5$ ;  $A_2=1,5$ .

Для вибору поточного значення  $n$  весь діапазон частоти обертання колінчастого валу двигуна розіб'ємо на декілька частин із постійним інтервалом  $\Delta n$ .

Для побудови зовнішньої швидкісної характеристики поршневого двигуна внутрішнього згорання використовуємо емпіричну формулу, яка дозволяє по відомим координатам однієї точки швидкісної характеристики  $N_{e \max}$  та частоти обертання колінчастого валу двигуна при максимальній потужності,  $n_N$  відтворити всю криву потужності.

$$N_e = N_{e \max} \cdot \left[ A_1 \cdot \frac{n}{n_N} + A_2 \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right)^2 - A_3 \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right)^3 \right], \quad (4.4)$$

де  $N_e$  - поточне значення потужності двигуна, відповідне частоті обертання валу двигуна, кВт;

Для поточного вибору значення  $n$  - діапазон частоти обертання валу двигуна від мінімально стійких обертів до розбиваємо на 8 частин с постійним інтервалом:

$$\Delta n = \frac{n_V - n_{min}}{8}, \quad (4.5)$$

де  $n_{min}$  - мінімальна частота обертів колінчатого валу, об/хв.

Визначивши  $N_e$  для прийнятих значень  $n$ , обчислюємо відповідне значення крутного моменту двигуна,  $N^*$ м:

$$M(n) = 9550 \cdot \frac{N_e(n)}{n}. \quad (4.6)$$

#### 4.3 Визначення режимів навантаження трансмісії

Режим навантаження трансмісії носить коливальний характер. Це явище пояснюють наступні причини:

- зміна дорожнього опору;
- зміна режиму роботи двигуна з боку водія;
- неточність виготовлення і складання елементів трансмісії;
- крутильні коливання двигуна і трансмісії;
- недостатня жорсткість картерів агрегатів трансмісії.

Для чинники, що оберігають від руйнування валів трансмісії:

- пробуксовування зчеплення;
- пробуксовування коліс.

Перший розрахунковий режим виконаємо на основі максимального моменту двигуна для визначення моментів на валах трансмісії.

Момент на первинному валу визначимо за залежністю:

$$M_{T1} = M_{e_{max}}. \quad (4.7)$$

Момент на вихідному валу коробки та на карданному валу визначимо з залежності:

$$M_{T_3} = M_{T_2} = M_{T_1} \cdot U_{k1\text{II}}. \quad (4.8)$$

Момент на веденій шестерні головної передачі визначимо з залежності

$$M_{T_4} = M_{T_2} \cdot U_{kcp\text{II}}, \quad (4.9)$$

де  $U_{kcp}$  - середнє передавальне число КП.

Момент на піввісях визначимо з залежності:

$$M_{T_5} = \frac{M_{T_4}}{2} \cdot (1 + K_y), \quad (4.10)$$

де  $K_y = 0,15$  – коефіцієнт блокування диференціалу.

Другий розрахунковий режим навантаження трансмісії виконаємо по максимальному зчепленню ведучих коліс транспортного засобу з поверхнею дорожнього покриття.

Момент, який припадає на задні полуосі автомобіля визначимо з залежності:

$$M_1 = \frac{R_{z2p} \cdot \varphi_x \cdot r_k}{2}. \quad (4.11)$$

Момент на коробці диференціалу визначимо з залежності:

$$M_{2.2} = R_{z2p} \cdot \varphi_x \cdot r_k. \quad (4.12)$$

Третій розрахунковий режим виконаємо по максимальному динамічному навантаженню елементів трансмісії:

$$M_{1.2} = M_{\text{вmax}} \cdot K_d. \quad (4.13)$$

де  $K_d$  – динамічний показник трансмісії автомобіля, який визначається за залежністю:

$$K_d = \frac{G_a}{M_{emax} \cdot 100} \quad (4.14)$$

Момент на головній передачі та на коробці диференціалу визначимо з залежності:

$$M_{5,6} = M_{emax} \cdot K_d \cdot U_{k1} \cdot U_{k0} \quad (4.15)$$

Момент на піввісях ведучого моста визначимо з залежності:

$$M_{5,6} = M_{emax} \cdot K_d \cdot U_{k1} \cdot U_{k0} \cdot (1 + U_{k0}) \quad (4.16)$$

Розрахунок валів на довговічність визначають по середньому розрахунковому моменту.

Знайдемо середній трансмісійний момент двигуна за залежністю:

$$M_{тр.ср} = M_{emax} \cdot i_{тр.ср} \quad (4.17)$$

де  $i_{тр.ср}$  – середнє відношення моментів в трансмісії, який визначається на основі коефіцієнта  $c$  за емпіричною залежністю.

$$c = 0,23 + 0,25 \cdot K_d \quad (4.18)$$

Оскільки значення  $c$  менше ніж 1 то для розрахунку середнього крутного трансмісійного моменту приймемо  $i_{тр.ср} = 1$ .

Момент, який діє на піввісі автомобіля визначимо з залежності:

$$M_1 = 0,5 \cdot M_{тр.ср} \cdot (1 + K_y) . \quad (4.19)$$

Момент що передає диференціал визначимо з залежності:

$$M_2 = M_{тр.ср} \cdot (1 + K_y) . \quad (4.20)$$

Момент на головній передачі визначимо з залежності:

$$M_3 = M_{тр.ср} \cdot U_0 . \quad (4.21)$$

#### 4.4 Побудова динамічної характеристики автомобіля

При розрахунках динамічної характеристики проектованого ТЗ для кожної  $i$ -ої передачі та поточних значень частоти обертання колінчастого валу двигуна необхідно визначити:

- Швидкість автомобіля на  $i$ -ой передачі при  $n$  обертах, км/год :

$$v_{(i,n)} = 0,377 \cdot n \cdot \frac{r_k}{U_i \cdot U_0} ; \quad (4.22)$$

- Силу тяги на колесах -  $P_k$ , Н :

$$P_k = \frac{M(n) \cdot U_i \cdot U_0 \cdot \eta_{тр}}{r_k} ; \quad (4.23)$$

- Силу опору повітря –  $P_w$ , Н :

$$P_w = k \cdot F \cdot \frac{V^2}{12,96}; \quad (4.24)$$

Динамічний фактор –  $D$  :

$$D_i = \frac{P_{\text{вi}} - P_w}{m_a \cdot g}. \quad (4.25)$$

#### 4.5 Показники розгону автомобіля

Показники розгону автомобіля являє собою графік прискорень, часу і шляху розгону у функції швидкості. Прискорення  $j$  для різних передач та швидкостей визначити за значенням  $D$  з таблиці 1.3, використовуючи формулу:

$$j = (D - \psi) \cdot \frac{g}{\delta}, \quad (4.26)$$

де  $\delta = 1,04 + 0,04 \cdot i_k^2 \cdot i_p^2$  - коефіцієнт обліку обертових мас (розраховується для кожної передачі).

##### 4.5.1 Визначення часу розгону автомобіля

$j_n$  - прискорення у початковій ділянці;

$j_k$  - прискорення у кінці ділянки;

$$j_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (j_1 + j_2), \quad (4.27)$$

$V_n$  - швидкість у початковій ділянці;

$V_k$  - швидкість в кінцевій ділянці;

$\Delta V_{\square}$  - зміна швидкості на ділянці.

$$V_k = V_n + j_{cp} \cdot \Delta t , \quad (4.28)$$

де  $\Delta t$  - час проходження ділянки:

$$\Delta t = \frac{V_{k_{\square}} - V_n}{j_{cp}} . \quad (4.29)$$

#### 4.5.2 Час прискорення автомобіля

$$t_p = t_1 + t_{H(1-2)} + t_2 + t_{n(1-2)} + \dots + t_n , \quad (4.3)$$

де  $n$  - кількість передач у коробці передач;

$t_n$  - час перемикання передач;

( $t_n = 0,5 \dots 1,5$ ) .

Зниження швидкості автомобіля за час перемикання передач:

$$\Delta V_n = j_n \cdot t_n , \quad (4.31)$$

Прискорення автомобіля при перемиканні передач:

$$j_n = \frac{D_{n_{\square}} - f_{\square}}{\delta_{вп}} \cdot g ; \quad (4.32)$$

$$D_n = \frac{P_{k_{\square}} - P_{\mathbf{B}}}{G_a} = \frac{P_{\mathbf{B}}}{G_a} . \quad (4.33)$$

#### 4.5.3 Шлях прискорення автомобіля

Шлях, пройдений автомобілем за  $\Delta t$  при прискоренні на ділянці від  $V_a$  до  $V_k$ .

$$\Delta S = V_{cp} \cdot \Delta t_{i}, \quad (4.34)$$

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (V_n + V_k). \quad (4.35)$$

Шлях пройдений автомобілем при прискоренні на  $i$ -ій передачі у коробці передач:

$$S_i = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \dots + \Delta S_k \quad (4.36)$$

Шлях пройдений автомобілем при прискоренні від  $V_{min}$  до  $0,9 V_{max}$ :

$$S_p = S_1 + S_{n(1-2)} + S_2 + S_{n(2-3)} + \dots + S_n \quad (4.37)$$

#### 4.6 Показники балансу потужності автомобіля

Рівняння балансу потужності можна записати через потужність двигуна:

$$N_e - N_r - N_\psi - N_w - N_j = 0, \quad (4.38)$$

або через потужність на колесах:

$$N_k - N_\psi - N_w - N_j = 0, \quad (4.39)$$

де  $N_r$  - потужність, що втрачається в трансмісії;

$N_\psi$  та  $N_w$  - потужність, що витрачається на подолання відповідно сумарних дорожніх опорів і опору повітря;

$N_j$  - потужність, яка використовується для розгону.

Спочатку обчислити потужність на ведучих колесах  $N_k$ . Цю величину

визначають через потужність  $N_e$ , що розвивається на колінчастому валу двигуна з урахування втрат в трансмісії:

$$N_k = N_e \cdot \eta . \quad (4.4)$$

Значення потужностей  $N_\psi$  та  $N_w$  розрахувати використання величини  $P_\psi$  та  $P_w$  для вищої передачі з метою забезпечення всього діапазону швидкостей руху автомобіля:

$$N_\psi = \frac{P_\psi \cdot v}{3600} , \quad (4.41)$$

$$N_w = \frac{P_w \cdot v}{3600} . \quad (4.42)$$

Отримані значення величин  $N_\psi$  та  $N_w$  підсумовують.

На графіку балансу потужності побудувати наступні залежності потужностей від швидкості автомобіля:

- $N_e = f(v)$  - тільки для вищої передачі;
- $N_k = f(v)$  - для всіх передач;
- $N_\psi = f(v)$  та  $N_\psi + N_w = f(v)$ .

Потужності  $N_r$  і  $N_j$  визначити на графіку як різниці:

$$N_r = N_e - N_k , \quad (4.43)$$

$$N_j = N_k - (N_\psi + N_w) . \quad (4.44)$$

#### 4.7 Тягово-швидкісні властивості автомобіля

В результаті аналізу тягово-швидкісних властивостей автомобіля встановити наступні параметри:

- Коефіцієнт пристосованості двигуна:

$$; \quad (4.45)$$

- максимальну швидкість руху автомобіля  $v_{\max}$  для заданих дорожніх умов  $\psi_v$ ;
- максимальний дорожній опір  $\psi_{\max}$ , яке може подолати автомобіль;
- критичну швидкість ;
- Максимальний здоланий поздовжній ухил дороги  $i_{\max}$  при коефіцієнті опору кочення  $f=0,10$  (грунтова дорога після дощу):

$$i_{\max} = \psi_{\max} - f \quad (4.46)$$

(для більшої наочності отримане значення ухилу уявити у відсотках);

- максимальне прискорення  $\dot{J}_{\max}$ ;
- оптимальні швидкості переходу  $v_{\text{тео}}$  з однієї передачі на іншу під час руху по дорозі з заданим значенням;
- час і шлях розгону для заданого дорожнього опору  $\psi_v$  ( до швидкості 100 км/год для легкових автомобілів).

## 5 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

### 5.1 Зовнішня швидкісна характеристика

За результатами розрахунків з використанням електронних таблиць, приведено 3 таблиці: для бензинового двигуна М274 (табл. 5.1); бензинового потужного двигуна М177 (табл. 5.2) та дизельного двигуна ОМ656 (табл. 5.3). Також будуємо зовнішню швидкісну характеристику: для бензинового двигуна М274 (рис. 5.1); бензинового потужного двигуна М177 (рис. 5.2) та дизельного двигуна ОМ656 (рис. 5.3).

Таблиця 5.1 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна М274

Параметри	Значення параметрів								
n, об/хв	1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
n/nN	0,186	0,302	0,419	0,535	0,651	0,767	0,884	1,000	1,016
(n/nN) <sup>2</sup>	0,035	0,091	0,175	0,286	0,424	0,589	0,781	1,000	1,032
(n/nN) <sup>3</sup>	0,006	0,028	0,073	0,153	0,276	0,452	0,690	1,000	1,048
Сума коеф.	0,214	0,366	0,521	0,668	0,799	0,904	0,975	1,000	0,999
Ne , кВт	29	49	70	90	108	122	132	135	135
Me , Н·м	276	291	299	300	295	283	265	240	236

Таблиця 5.2 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна М177

Параметри	Значення параметрів								
n, об/хв	1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
n/nN	0,163	0,283	0,402	0,522	0,641	0,761	0,880	1	1,016
(n/nN) <sup>2</sup>	0,027	0,080	0,162	0,272	0,411	0,579	0,775	1	1,032
(n/nN) <sup>3</sup>	0,004	0,023	0,065	0,142	0,264	0,441	0,683	1	1,048
Сума коеф.	0,186	0,340	0,499	0,652	0,789	0,899	0,973	1	0,999
Ne , кВт	84	153	225	293	355	405	438	450	450
Me , Н·м	797	844	870	877	863	829	775	702	690

Таблиця 5.3 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна OM656

Параметри	Значення параметрів								
	1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
$n$ , об/хв	1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
$n/n_N$	0,244	0,352	0,460	0,568	0,676	0,784	0,892	1	1,016
$(n/n_N)^2$	0,059	0,124	0,212	0,323	0,457	0,615	0,796	1	1,032
$(n/n_N)^3$	0,015	0,044	0,097	0,183	0,309	0,482	0,710	1	1,048
Сума коеф.	0,441	0,670	0,910	1,153	1,390	1,616	1,822	2	2,023
$N_e$ , кВт	46	70	96	121	146	170	191	210	210
$M_e$ , Н·м	118	310	484	600	600	588	569	549	522

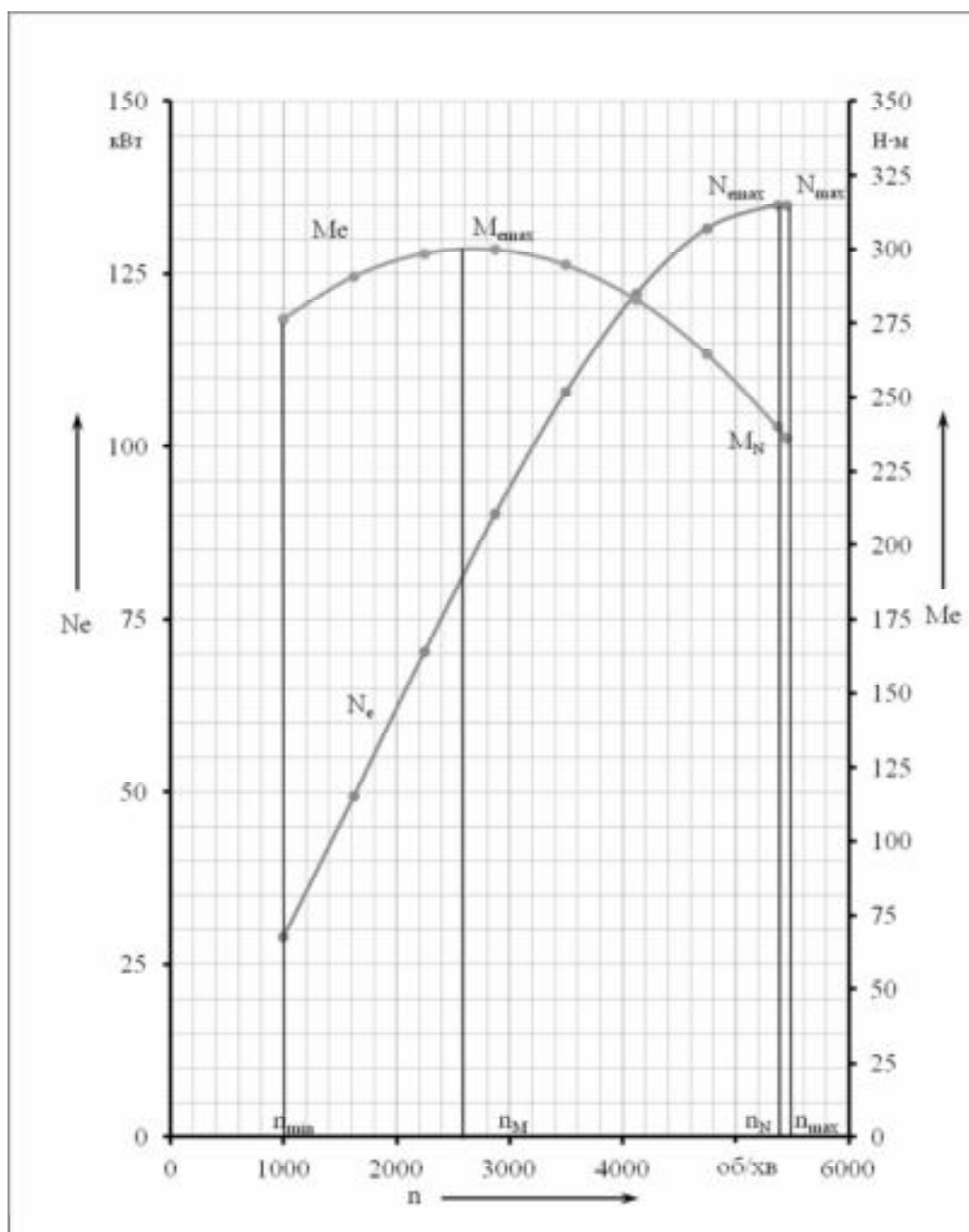


Рисунок 5.1 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна M274

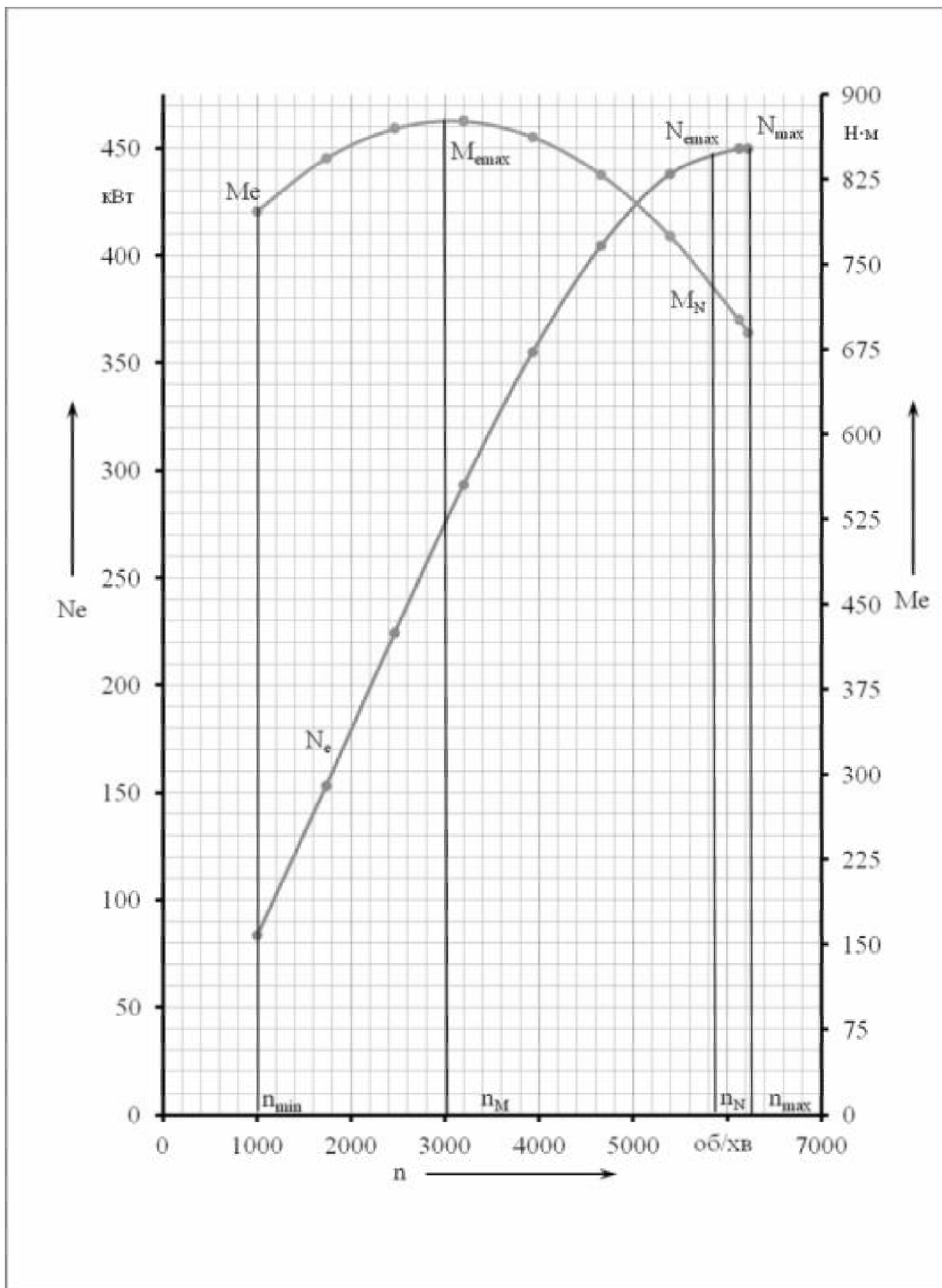


Рисунок 5.2 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна M177

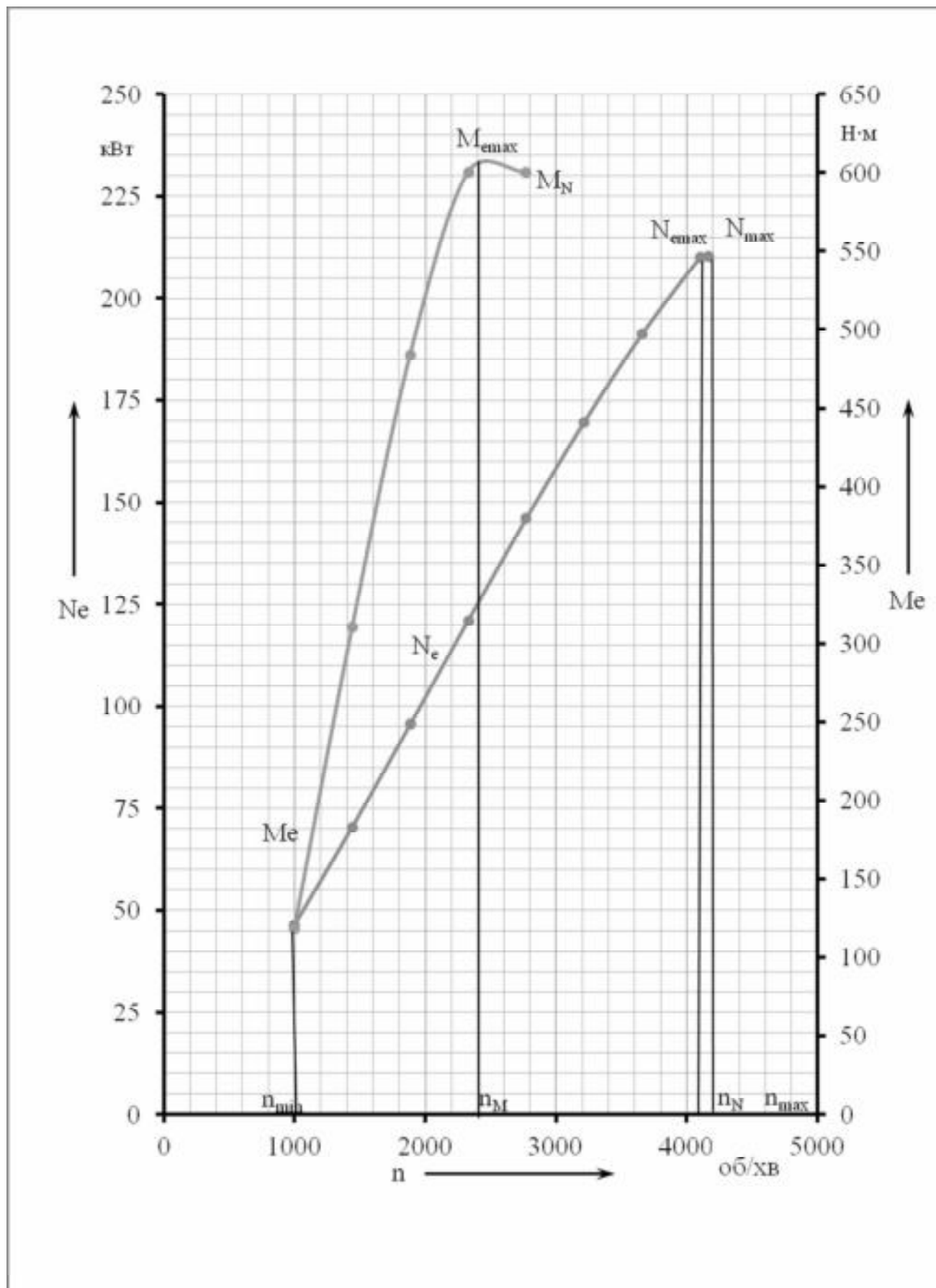


Рисунок 5.3 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна OM656

## 5.2 Динамічна характеристика автомобіля

За результатом розрахунку по формулам (4.11) – (4.14), проведених за допомогою таблиць (для бензинового двигуна М274 - табл. 5.4, для бензинового двигуна М177 – табл. 5.5, для дизельного двигуна ОМ656 – табл. 5.6), для кожної передачі будемо динамічну характеристику автомобіля з графіком залежності  $D = f(v)$  (для бензинового двигуна М274 – рис. 5.4, для бензинового двигуна М177 – рис. 5.5, для дизельного двигуна ОМ656 – рис. 5.6), та графік силового балансу АТЗ для бензинового двигуна М274 - рис. 5.7, для бензинового двигуна М177 – рис. 5.8, для дизельного двигуна ОМ656 – рис. 5.9).

Таблиця 5.4 – Розрахунки параметрів руху ТЗ з двигуном М274 для побудови динамічної характеристики автомобіля

Параметри		Значення параметрів								
n, об/хв		1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
M <sub>e</sub> , Н·м		276	291	299	300	295	283	265	240	236
5,50	V, км/год	10	16	21	27	33	39	45	51	52
	P <sub>k</sub> , Н	9939	10452	10732	10778	10592	10171	9518	8631	8493
	P <sub>w</sub> , Н	4	10	19	32	47	65	87	111	114
U <sub>k1</sub> =	p <sub>k</sub> -p <sub>w</sub> , Н	9935	10442	10713	10747	10545	10106	9432	8520	8378
	D	0,46	0,48	0,49	0,49	0,49	0,47	0,43	0,39	0,39
3,33	V, км/год	16	26	35	45	55	65	75	85	86
	P <sub>k</sub> , Н	6018	6328	6498	6526	6413	6158	5763	5226	5142
	P <sub>w</sub> , Н	10	28	53	86	128	178	236	302	312
U <sub>k2</sub> =	p <sub>k</sub> -p <sub>w</sub> , Н	6007	6301	6445	6439	6285	5980	5527	4924	4830
	D	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,25	0,23	0,22
2,31	V, км/год	23	37	51	65	79	94	108	122	124
	P <sub>k</sub> , Н	4174	4390	4507	4527	4448	4272	3998	3625	3567
	P <sub>w</sub> , Н	22	57	110	180	266	370	490	628	648
U <sub>k3</sub> =	p <sub>k</sub> -p <sub>w</sub> , Н	4153	4333	4397	4347	4182	3902	3507	2997	2919
	D	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13



Таблиця 5.5 – Розрахунки параметрів руху ТЗ з двигуном М177 для побудови динамічної характеристики автомобіля

Параметри		Значення параметрів								
n, об/хв		1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
Me, Н·м		797	844	870	877	863	829	775	702	690
5,50	V, км/ГОД	10	17	24	31	37	44	51	58	59
	Pk, Н	28670	30340	31290	31518	31026	29813	27879	25224	24820
	PW, Н	4	12	24	40	60	85	114	146	151
Uk1=	pk-pw, Н	28666	30329	31266	31479	30966	29728	27766	25078	24668
	D	1,16	1,22	1,26	1,27	1,25	1,20	1,12	1,01	1,00
3,33	V, км/ГОД	16	27	39	50	62	73	85	97	98
	Pk, Н	17359	18370	18945	19083	18785	18050	16880	15272	15027
	PW, Н	11	32	65	109	164	231	310	400	412
Uk2=	pk-pw, Н	17348	18338	18880	18974	18621	17819	16570	14873	14615
	D	0,70	0,74	0,76	0,77	0,75	0,72	0,67	0,60	0,59
2,31	V, км/ГОД	23	39	56	73	89	106	123	139	141
	Pk, Н	12042	12743	13142	13238	13031	12521	11709	10594	10424
	PW, Н	22	66	134	226	342	481	644	830	857
Uk3=	pk-pw, Н	12019	12677	13007	13012	12689	12041	11065	9764	9567
	D	0,49	0,51	0,53	0,53	0,51	0,49	0,45	0,39	0,39
1,66	V, км/ГОД	32	55	78	101	124	147	171	194	197
	Pk, Н	8653	9157	9444	9513	9364	8998	8414	7613	7491
	PW, Н	43	129	260	438	662	931	1247	1608	1659
Uk4=	pk-pw, Н	8610	9029	9184	9075	8703	8067	7168	6005	5832
	D	0,35	0,36	0,37	0,37	0,35	0,33	0,29	0,24	0,24
1,21	V, км/ГОД	43	75	107	139	170	202	234	266	270
	Pk, Н	6307	6675	6884	6934	6826	6559	6133	5549	5460
	PW, Н	81	242	490	824	1245	1753	2346	3027	3123
Uk5=	pk-pw, Н	6227	6433	6394	6110	5581	4806	3787	2523	2337
	D	0,25	0,26	0,26	0,25	0,23	0,19	0,15	0,10	0,09
1	V, км/ГОД	52	91	129	168	206	245	283	321	327
	Pk, Н	5213	5516	5689	5731	5641	5421	5069	4586	4513
	PW, Н	118	354	717	1207	1823	2566	3435	4432	4573
Uk6=	pk-pw, Н	5095	5162	4972	4524	3818	2855	1633	155	-60
	D	0,21	0,21	0,20	0,18	0,15	0,12	0,07	0,01	0,00

Продовження таблиці 5.4

0,87	V, км/ГОД	60	104	149	193	237	281	325	370	375
	Pk, Н	4535	4799	4949	4986	4908	4716	4410	3990	3926
	PW, Н	156	468	948	1595	2409	3390	4539	5855	6041
Uk7=	pk-pw, Н	4379	4331	4002	3391	2499	1326	-129	-1865	-2115
	D	0,18	0,17	0,16	0,14	0,10	0,05	-0,01	-0,08	-0,09
0,72	V, км/ГОД	73	126	180	233	286	340	393	446	454
	Pk, Н	3753	3972	4096	4126	4062	3903	3650	3302	3249
	PW, Н	228	684	1384	2328	3517	4950	6627	8549	8821
Uk8=	pk-pw, Н	3525	3288	2712	1798	545	-1047	-2977	-5247	-5572
	D	0,14	0,13	0,11	0,07	0,02	-0,04	-0,12	-0,21	-0,22
0,6	V, км/ГОД	87	152	216	280	344	408	472	536	544
	Pk, Н	3128	3310	3413	3438	3385	3252	3041	2752	2708
	PW, Н	328	984	1993	3353	5064	7128	9543	12310	12702
Uk9=	pk-pw, Н	2800	2325	1421	86	-1680	-3875	-6502	-9558	-9994
	D	0,11	0,09	0,06	0,00	-0,07	-0,16	-0,26	-0,39	-0,40
PΨ+Pw		678	1539	2862	4646	6892	9599	12767	16397	16912
Ψ		0,014	0,022	0,035	0,052	0,074	0,100	0,130	0,165	0,170
PΨ		350	555	869	1293	1827	2471	3224	4087	4210
Ψmax		0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

Таблиця 5.6 – Розрахунки параметрів руху ТЗ з двигуном OM656 для побудови динамічної характеристики автомобіля

Параметри		Значення параметрів								
n, об/хв		1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
Me, Н·м		118	310	484	600	600	588	569	549	522
5,50	V, км/ГОД	10	14	18	22	26	31	35	39	40
	Pk, Н	11470	15170	17395	21582	21574	21145	20438	19742	18778
	PW, Н	4	8	14	21	30	40	51	65	67
Uk1=	pk-pw, Н	11466	15162	17381	21561	21544	21105	20387	19678	18712
	D	0,46	0,61	0,70	0,86	0,86	0,85	0,82	0,79	0,75
3,33	V, км/ГОД	16	23	30	37	44	51	58	65	66
	Pk, Н	2568	6757	10532	13067	13062	12802	12374	11953	11369
	PW, Н	10	22	37	57	80	108	140	176	182
Uk2=	pk-pw, Н	2557	6736	10495	13010	12982	12694	12234	11777	11188
	D	0,10	0,27	0,42	0,52	0,52	0,51	0,49	0,47	0,45



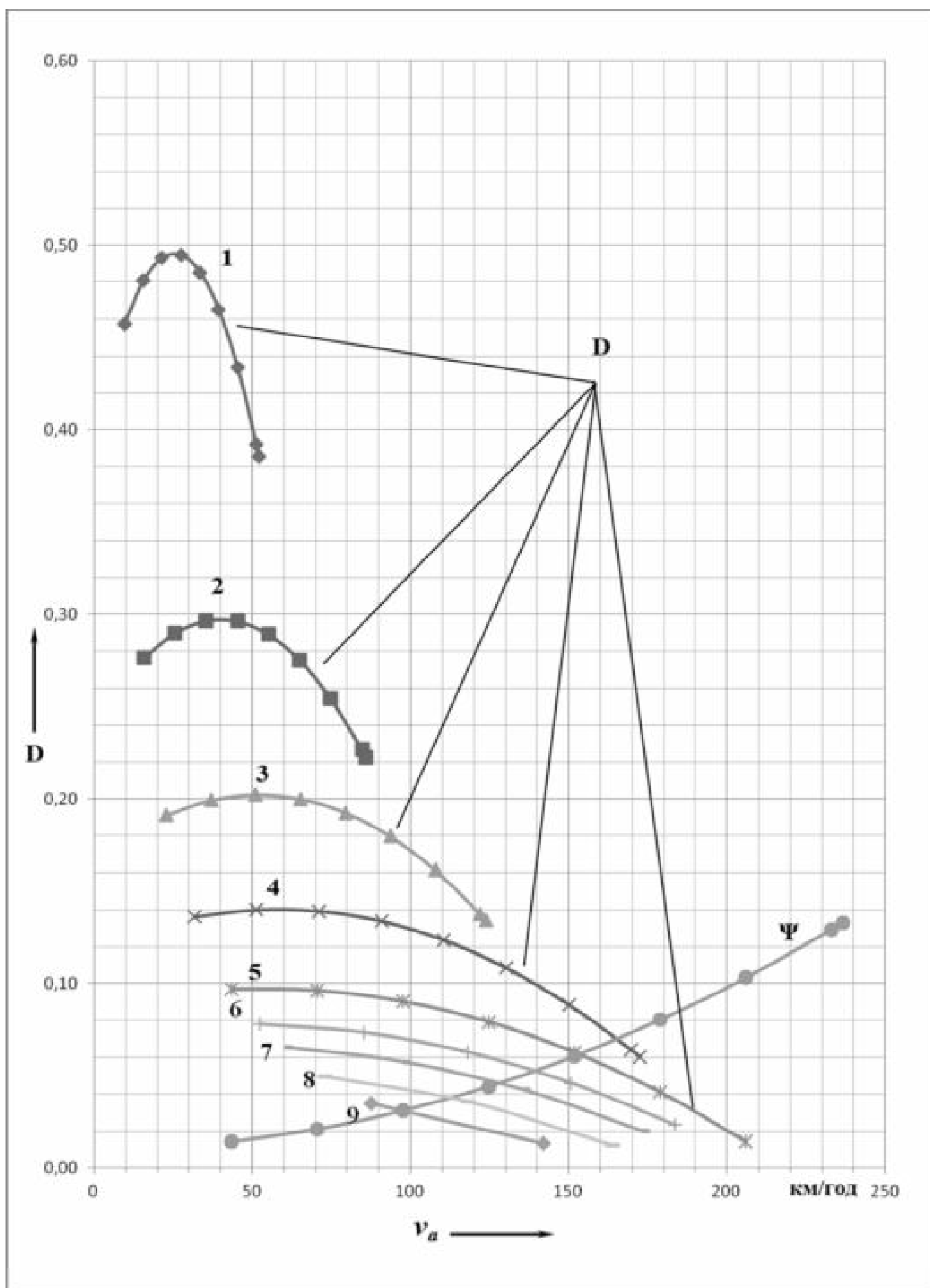


Рисунок 5.4 – Динамічна характеристика автомобіля з двигуном M274

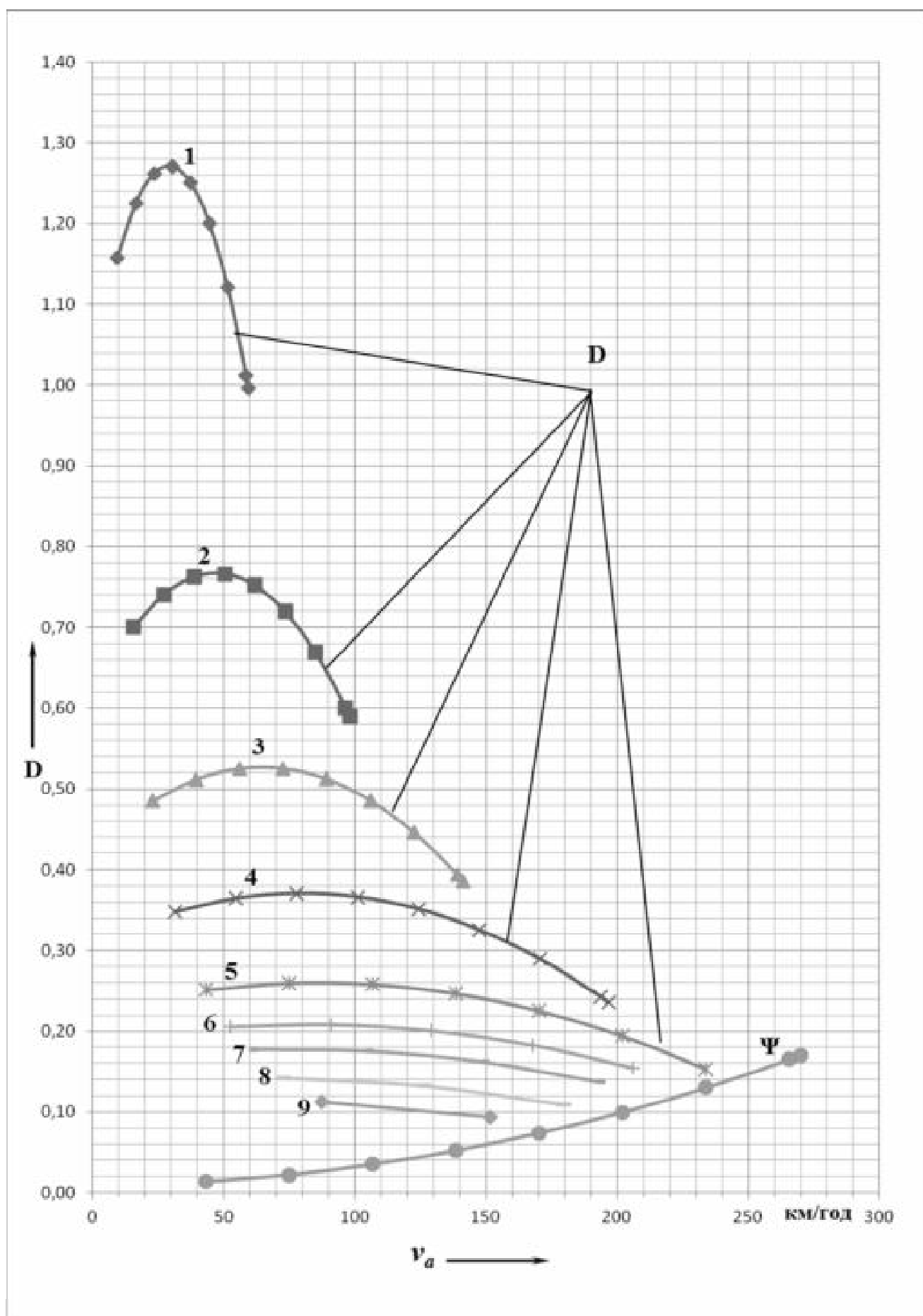


Рисунок 5.5 – Динамічна характеристика автомобіля з двигуном M177

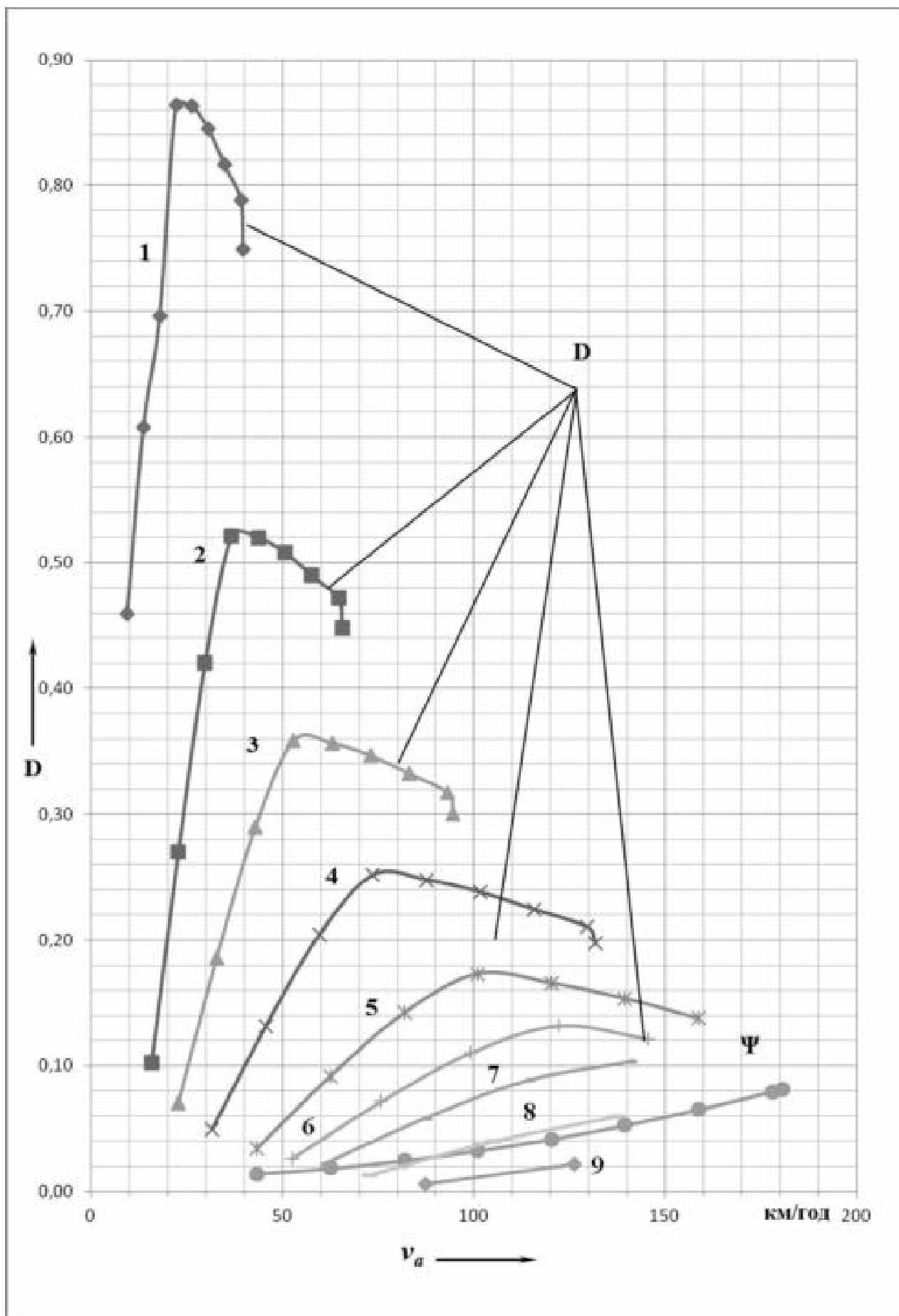


Рисунок 5.6 – Динамічна характеристика автомобіля з двигуном OM256

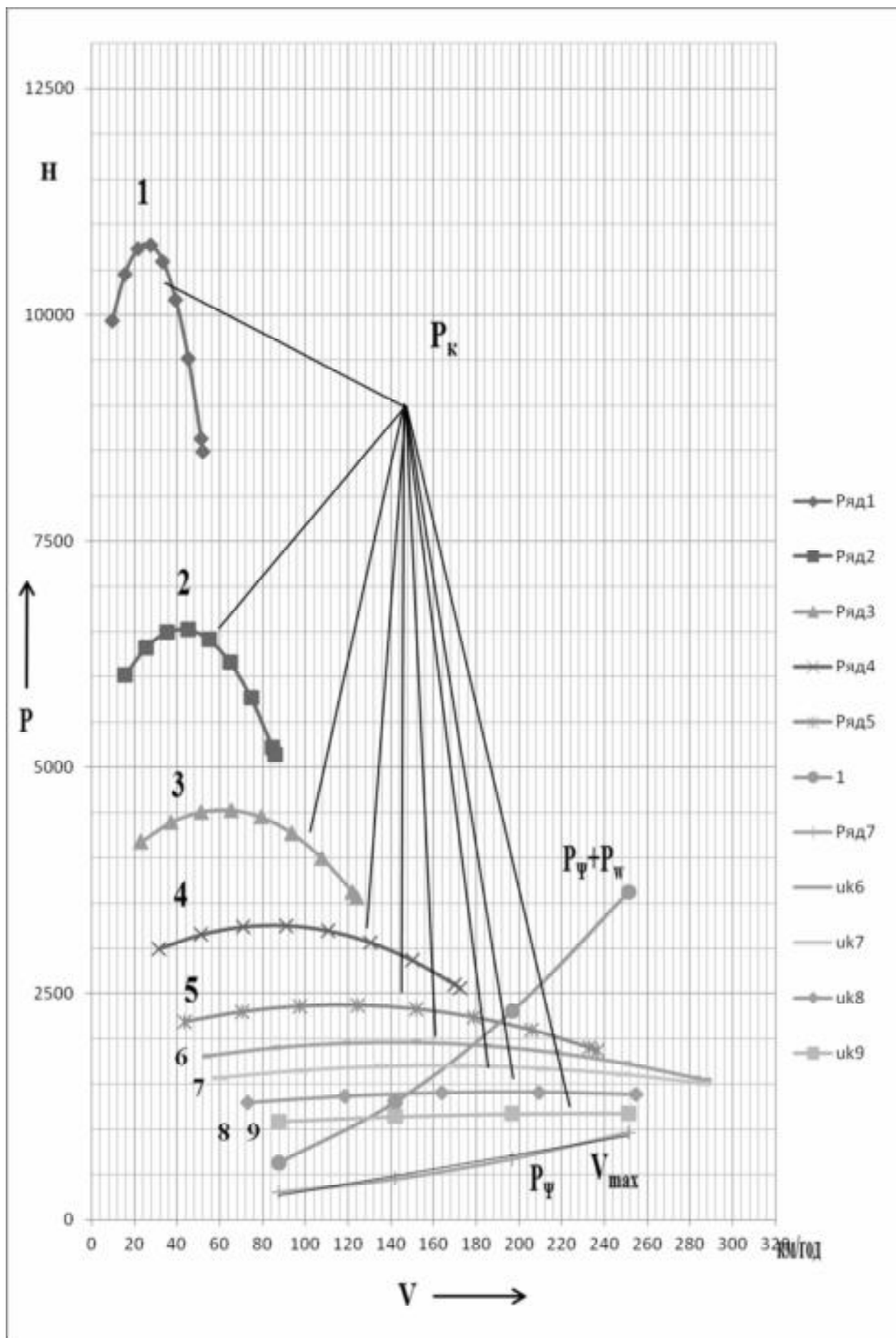


Рисунок 5.7 – Силовий баланс автомобіля з двигуном М274

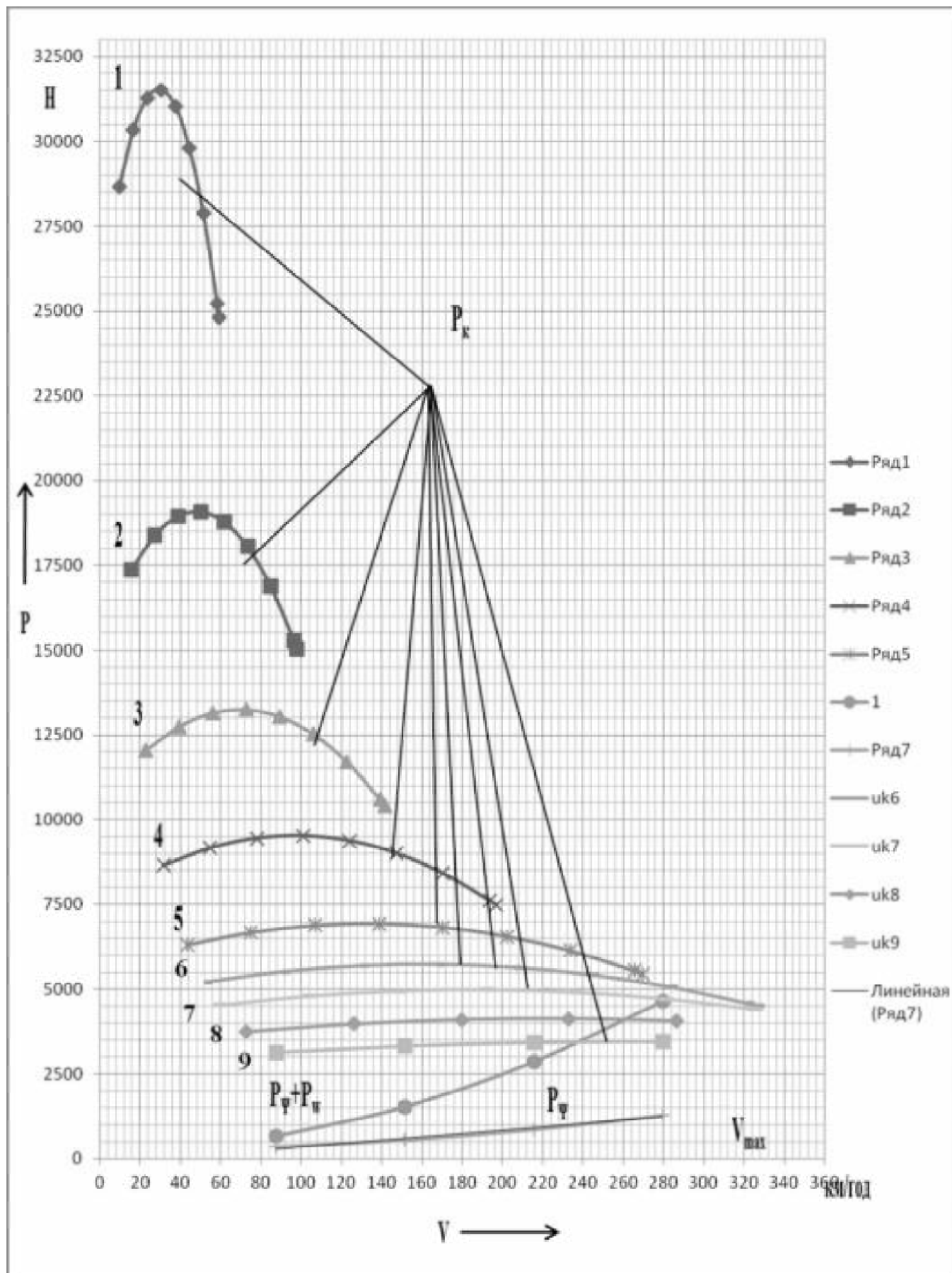


Рисунок 5.8 – Силовий баланс автомобіля з двигуном M177

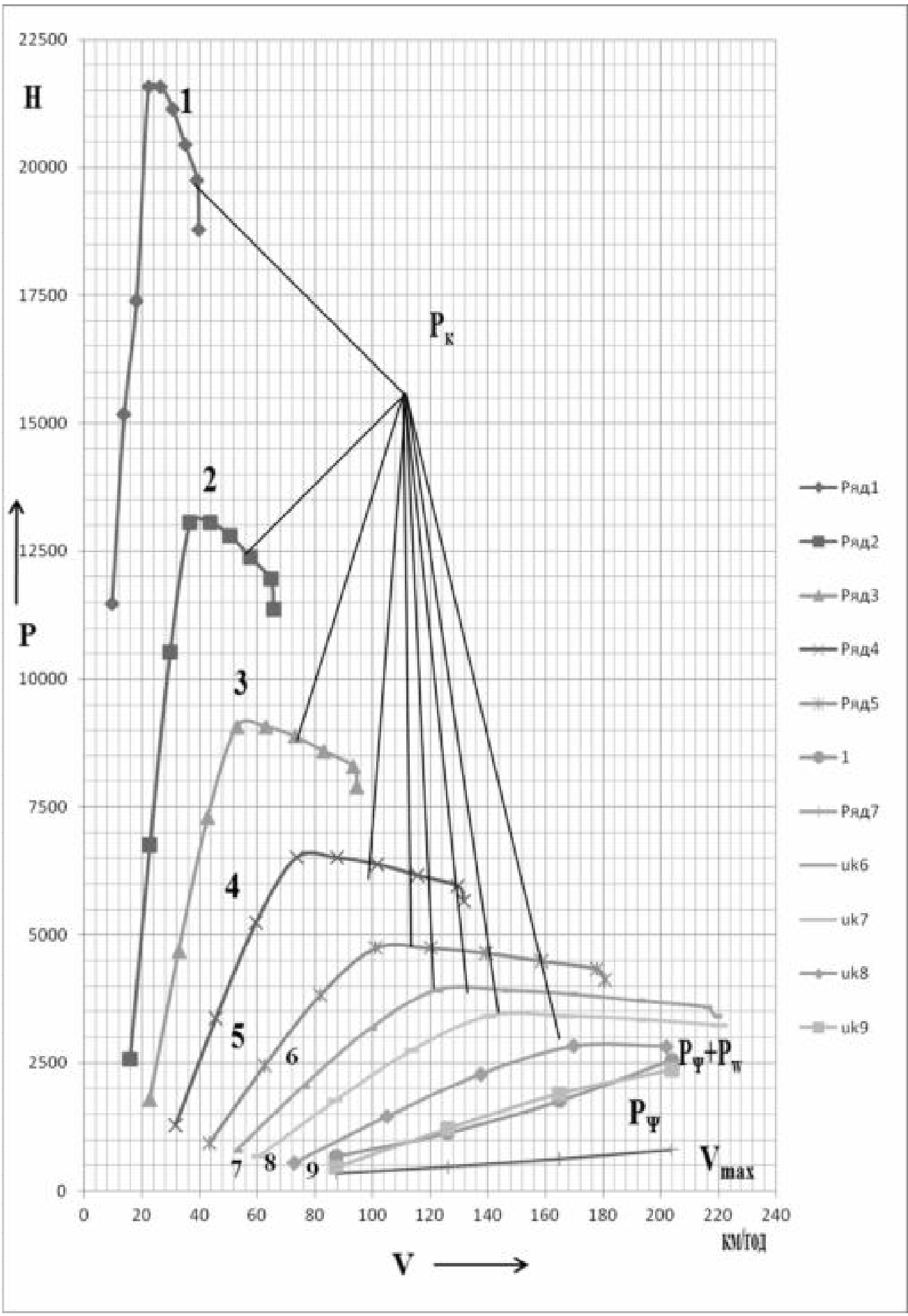


Рисунок 5.9 – Силовий баланс автомобіля з двигуном OM656

### 5.3 Визначення прискорення, часу та шляху розгону автомобіля

#### 5.3.1 Час прискорення автомобіля

Розрахункові дані для побудови графіка прискорень зводимо до таблиці (для бензинового двигуна М274 (табл. 5.7); для бензинового двигуна М177 (табл. 5.8) та для дизельного двигуна ОМ656 (табл. 5.9)) та по даним таблиць 5.7-5.9 будують графік прискорень (для бензинового двигуна М274 (рис. 5.10); для бензинового двигуна М177 (рис. 5.11), для дизельного двигуна ОМ656 (рис. 5.12)).

Таблиця 5.7 – Результати розрахунків прискорення бензинового двигуна М274

Параметр		Числове значення								
n, об/хв		1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
Uk1= 5,50	V, км/год	10	16	21	27	33	39	45	51	52
	D	0,46	0,48	0,49	0,49	0,49	0,47	0,43	0,39	0,39
δ1= 2,25	D-Ψ	0,44	0,46	0,46	0,45	0,42	0,38	0,33	0,26	0,25
	j, м/с <sup>2</sup>	1,93	2,00	2,01	1,96	1,85	1,68	1,44	1,15	1,10
Uk2= 3,33	V, км/год	16	26	35	45	55	65	75	85	86
	D	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,25	0,23	0,22
δ2= 1,48	D-Ψ	0,26	0,27	0,27	0,25	0,23	0,20	0,15	0,10	0,09
	j, м/с <sup>2</sup>	1,73	1,78	1,76	1,67	1,51	1,29	1,00	0,64	0,59
Uk3= 2,31	V, км/год	23	37	51	65	79	94	108	122	124
	D	0,191	0,199	0,202	0,200	0,192	0,180	0,161	0,138	0,134
δ3= 1,25	D-Ψ	0,177	0,178	0,171	0,156	0,132	0,099	0,058	0,009	0,001
	j, м/с <sup>2</sup>	1,385	1,397	1,342	1,221	1,033	0,778	0,457	0,069	0,011
Uk4= 1,66	V, км/год	32	51	71	91	111	130	150	170	172
	D	0,136	0,140	0,139	0,134	0,123	0,108	0,089	0,064	0,060
δ4= 1,15	D-Ψ	0,122	0,119	0,108	0,090	0,063	0,028	-0,015	-0,065	-0,073
	j, м/с <sup>2</sup>	1,040	1,016	0,924	0,764	0,536	0,240	-0,124	-0,556	-0,620
Uk5= 1,21	V, км/год	43	70	98	125	152	179	206	233	237
	D	0,097	0,096	0,090	0,079	0,063	0,041	0,014	-0,018	-0,023
δ5= 1,10	D-Ψ	0,083	0,075	0,059	0,035	0,002	-0,039	-0,089	-0,147	-0,156
	j, м/с <sup>2</sup>	0,740	0,672	0,530	0,312	0,018	-0,350	-0,794	-1,313	-1,390

Продовження таблиці 5.7

Uк6= 1	V, км/год	52	85	118	151	184	216	249	282	286
	D	0,078	0,073	0,063	0,046	0,023	-0,006	-0,041	-0,082	-0,088
δ5= 1,08	D-Ψ	0,064	0,052	0,032	0,002	-0,037	-0,086	-0,144	-0,211	-0,221
	j, м/с <sup>2</sup>	0,578	0,468	0,285	0,017	-0,333	-0,767	-1,285	-1,885	-1,973
Uк7= 0,87	V, км/год	60	98	136	173	211	249	286	324	329
	D	0,065	0,057	0,042	0,020	-0,009	-0,046	-0,090	-0,141	-0,148
δ5= 1,07	D-Ψ	0,051	0,037	0,012	0,024	-0,070	-0,126	-0,193	-0,270	-0,281
	j, м/с <sup>2</sup>	0,469	0,335	0,106	0,219	-0,640	-1,156	-1,768	-2,475	-2,579
Uк8= 0,72	V, км/год	73	118	164	209	255	300	346	391	398
	D	0,050	0,036	0,013	-0,020	-0,062	-0,114	-0,175	-0,245	-0,256
δ5= 1,06	D-Ψ	0,035	0,015	-0,018	0,064	-0,123	-0,194	-0,278	-0,375	-0,389
	j, м/с <sup>2</sup>	0,328	0,137	-0,170	0,039	-1,136	-1,795	-2,571	-3,464	-3,595
Uк9= 0,6	V, км/год	87	142	197	251	306	361	415	470	477
	D	0,035	0,013	-0,021	-0,068	-0,128	-0,201	-0,287	-0,385	-0,399
δ5= 1,05	D-Ψ	0,021	-0,008	-0,052	-0,113	-0,189	-0,281	-0,390	-0,514	-0,532
	j, м/с <sup>2</sup>	0,195	-0,071	-0,485	0,026	-1,759	-2,618	-3,627	-4,784	-4,952

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків прискорення бензинового двигуна M177

Параметр		Числове значення								
n, об/хв		1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
Uк1= 5,50	V, км/год	10	17	24	31	37	44	51	58	59
	D	1,16	1,22	1,26	1,27	1,25	1,20	1,12	1,01	1,00
δ1= 2,25	D-Ψ	1,14	1,20	1,23	1,22	1,18	1,10	0,99	0,85	0,83
	j, м/с <sup>2</sup>	4,98	5,24	5,35	5,31	5,13	4,80	4,32	3,69	3,60
Uк2= 3,33	V, км/год	16	27	39	50	62	73	85	97	98
	D	0,70	0,74	0,76	0,77	0,75	0,72	0,67	0,60	0,59
δ2= 1,48	D-Ψ	0,69	0,72	0,73	0,71	0,68	0,62	0,54	0,44	0,42
	j, м/с <sup>2</sup>	4,54	4,75	4,81	4,72	4,48	4,10	3,56	2,88	2,78
Uк3= 2,31	V, км/год	23	39	56	73	89	106	123	139	141
	D	0,485	0,512	0,525	0,525	0,512	0,486	0,447	0,394	0,386
δ3= 1,25	D-Ψ	0,471	0,489	0,490	0,473	0,439	0,386	0,317	0,229	0,216
	j, м/с <sup>2</sup>	3,687	3,830	3,835	3,702	3,432	3,024	2,477	1,793	1,693
Uк4= 1,66	V, км/год	32	55	78	101	124	147	171	194	197
	D	0,348	0,364	0,371	0,366	0,351	0,326	0,289	0,242	0,235
δ4= 1,15	D-Ψ	0,333	0,342	0,336	0,314	0,278	0,226	0,159	0,077	0,065
	j, м/с <sup>2</sup>	2,844	2,918	2,863	2,679	2,367	1,927	1,358	0,660	0,558

Продовження таблиці 5.8

Uk5= 1,21	V, км/год	43	75	107	139	170	202	234	266	270
	D	0,251	0,260	0,258	0,247	0,225	0,194	0,153	0,102	0,094
δ5= 1,10	D-Ψ	0,237	0,237	0,223	0,194	0,152	0,094	0,023	-0,063	-0,076
	j, м/с <sup>2</sup>	2,119	2,119	1,992	1,736	1,353	0,842	0,203	-0,564	-0,675
Uk6= 1	V, км/год	52	91	129	168	206	245	283	321	327
	D	0,206	0,208	0,201	0,183	0,154	0,115	0,066	0,006	-0,002
δ5= 1,08	D-Ψ	0,192	0,186	0,166	0,130	0,080	0,015	-0,064	-0,159	-0,172
	j, м/с <sup>2</sup>	1,740	1,661	1,479	1,165	0,718	0,138	-0,574	-1,418	-1,539
Uk7= 0,87	V, км/год	60	104	149	193	237	281	325	370	375
	D	0,177	0,175	0,162	0,137	0,101	0,054	-0,005	-0,075	-0,085
δ5= 1,07	D-Ψ	0,163	0,152	0,126	0,085	0,027	-0,046	-0,135	-0,240	-0,255
	j, м/с <sup>2</sup>	1,491	1,397	1,159	0,776	0,249	-0,424	-1,241	-2,203	-2,341
Uk8= 0,72	V, км/год	73	126	180	233	286	340	393	446	454
	D	0,142	0,133	0,110	0,073	0,022	-0,042	-0,120	-0,212	-0,225
δ5= 1,06	D-Ψ	0,128	0,110	0,074	0,020	-0,052	-0,142	-0,250	-0,377	-0,395
	j, м/с <sup>2</sup>	1,186	1,021	0,688	0,188	-0,479	-1,313	-2,316	-3,485	-3,652
Uk9= 0,6	V, км/год	87	152	216	280	344	408	472	536	544
	D	0,113	0,094	0,057	0,003	-0,068	-0,156	-0,262	-0,386	-0,403
δ5= 1,05	D-Ψ	0,099	0,071	0,022	-0,049	-0,142	-0,256	-0,393	-0,551	-0,573
	j, м/с <sup>2</sup>	0,920	0,665	0,207	0,619	-1,317	-2,384	-3,653	-5,125	-5,335

Таблиця 5.9 – Результати розрахунків прискорення дизельного двигуна OM656

Параметр	Числове значення									
	n, об/хв	1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
Uk1= 5,50	V, км/год	10	14	18	22	26	31	35	39	40
	D	0,46	0,61	0,70	0,86	0,86	0,85	0,82	0,79	0,75
δ1= 2,25	D-Ψ	0,45	0,59	0,67	0,83	0,82	0,79	0,75	0,71	0,67
	j, м/с <sup>2</sup>	2,94	3,07	4,43	3,62	3,58	3,46	2,78	2,59	2,41
Uk2= 3,33	V, км/год	16	23	30	37	44	51	58	65	66
	D	0,10	0,27	0,42	0,52	0,52	0,51	0,49	0,47	0,45
δ2= 1,48	D-Ψ	0,09	0,25	0,40	0,49	0,48	0,46	0,42	0,39	0,37
	j, м/с <sup>2</sup>	3,38	3,46	3,62	3,53	3,16	3,01	2,31	2,09	1,92
Uk3= 2,31	V, км/год	23	33	43	53	63	73	83	93	95
	D	0,070	0,186	0,290	0,358	0,356	0,347	0,332	0,317	0,301
δ3= 1,25	D-Ψ	0,056	0,167	0,265	0,326	0,314	0,294	0,267	0,238	0,219
	j, м/с <sup>2</sup>	2,941	3,310	3,373	2,951	2,461	2,101	1,656	1,163	0,915

Продовження таблиці 5.9

Uk4= 1,66	V, км/год	32	46	60	74	88	102	116	130	132
	D	0,050	0,131	0,204	0,252	0,248	0,238	0,224	0,210	0,198
δ4= 1,15	D-Ψ	0,035	0,113	0,180	0,219	0,206	0,185	0,159	0,131	0,116
	j, м/с <sup>2</sup>	2,102	2,362	2,207	1,953	1,758	1,582	1,358	1,116	1,016
Uk5= 1,21	V, км/год	43	63	82	101	120	139	159	178	181
	D	0,034	0,092	0,142	0,173	0,166	0,153	0,138	0,121	0,110
δ5= 1,10	D-Ψ	0,020	0,073	0,117	0,141	0,124	0,101	0,072	0,041	0,029
	j, м/с <sup>2</sup>	1,623	1,883	1,706	1,255	1,007	0,900	0,446	0,367	0,106
Uk6= 1	V, км/год	52	76	99	122	145	169	192	215	219
	D	0,026	0,072	0,110	0,132	0,121	0,106	0,087	0,066	0,056
δ5= 1,08	D-Ψ	0,012	0,053	0,085	0,100	0,080	0,053	0,021	-0,014	-0,026
	j, м/с <sup>2</sup>	1,233	1,309	0,964	0,579	0,326	0,275	0,041	-0,124	-0,229
Uk7= 0,87	V, км/год	60	87	114	140	167	194	221	247	251
	D	0,021	0,058	0,088	0,103	0,089	0,070	0,047	0,022	0,012
δ5= 1,07	D-Ψ	0,007	0,039	0,064	0,071	0,048	0,018	-0,018	-0,058	-0,069
	j, м/с <sup>2</sup>	1,099	1,205	0,876	0,451	0,187	0,163	-0,165	-0,529	-0,636
Uk8= 0,72	V, км/год	73	105	137	170	202	234	267	299	304
	D	0,013	0,040	0,059	0,064	0,044	0,018	-0,013	-0,047	-0,057
δ5= 1,06	D-Ψ	-0,001	0,021	0,035	0,032	0,002	-0,035	-0,078	-0,127	-0,139
	j, м/с <sup>2</sup>	0,998	1,096	0,520	0,297	0,022	-0,320	-0,723	-1,173	-1,285
Uk9= 0,6	V, км/год	87	126	165	204	242	281	320	359	364
	D	0,006	0,022	0,030	0,024	-0,005	-0,041	-0,084	-0,131	-0,142
δ5= 1,05	D-Ψ	-0,009	0,003	0,005	-0,008	-0,047	-0,094	-0,149	-0,211	-0,224
	j, м/с <sup>2</sup>	0,721	0,830	0,450	0,224	0,065	-0,873	-1,385	-1,958	-2,083

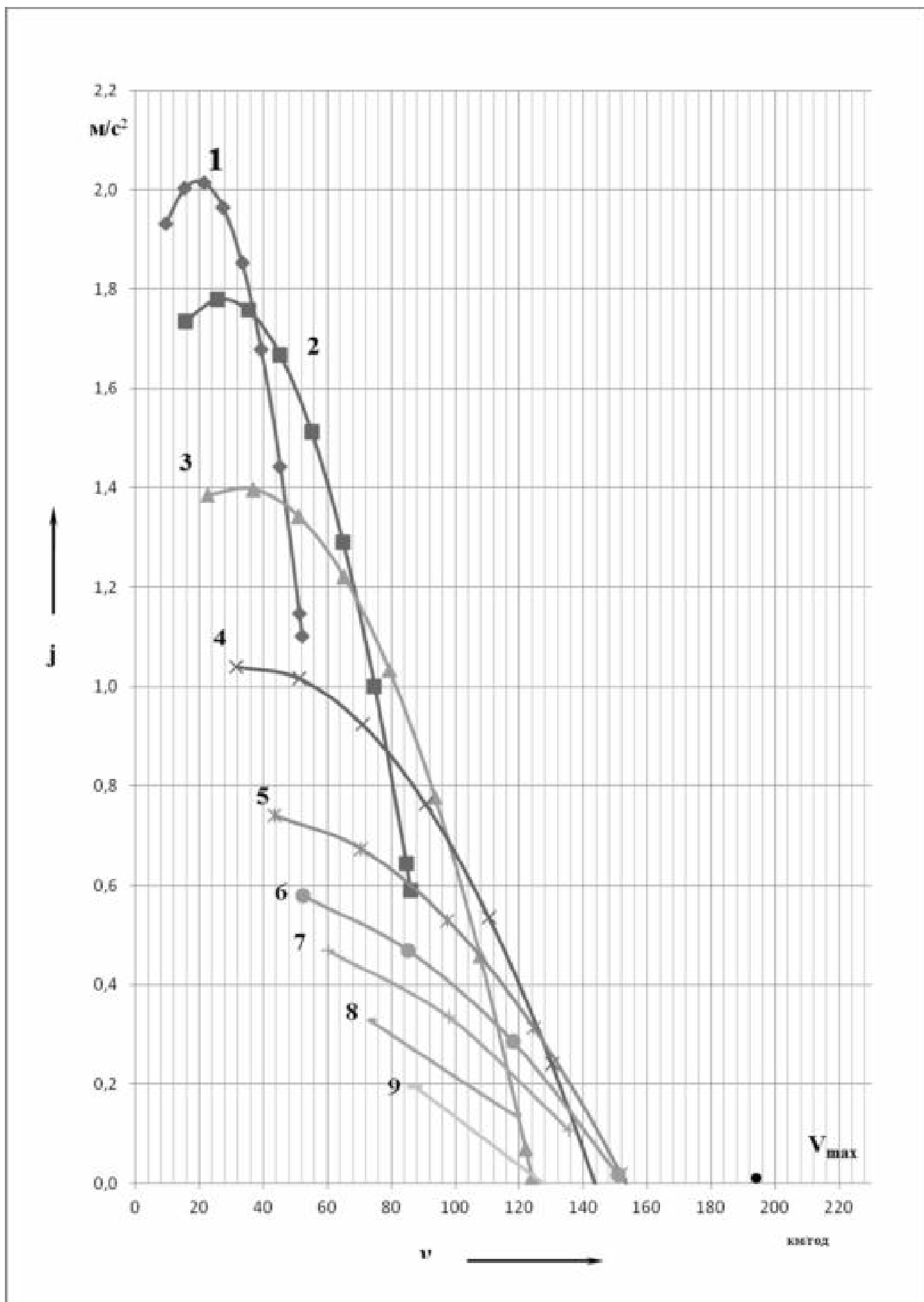


Рисунок 5.10 – Графік прискорення автомобіля для бензинового двигуна M274

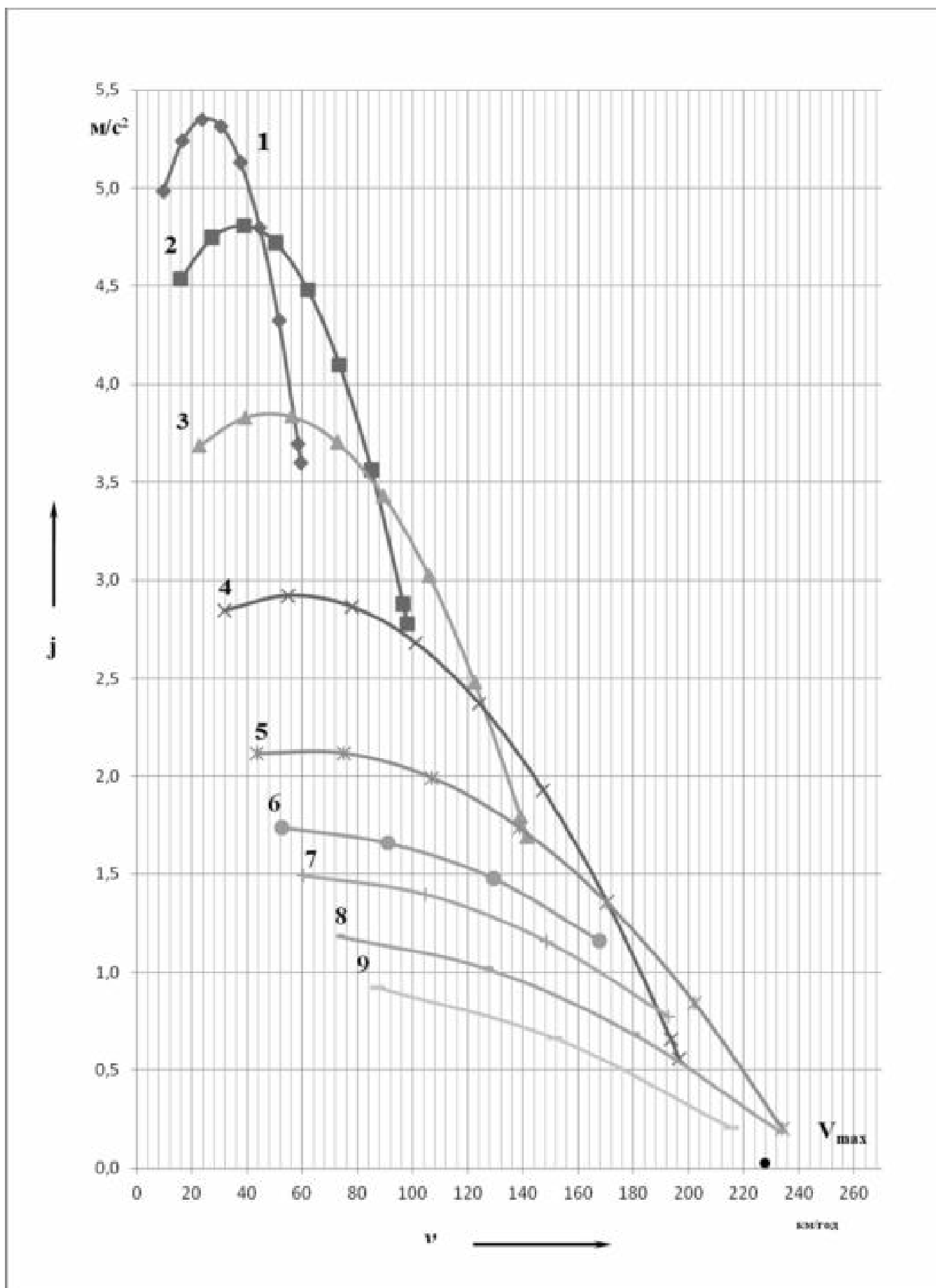


Рисунок 5.11 – Графік прискорення автомобіля для бензинового двигуна M177

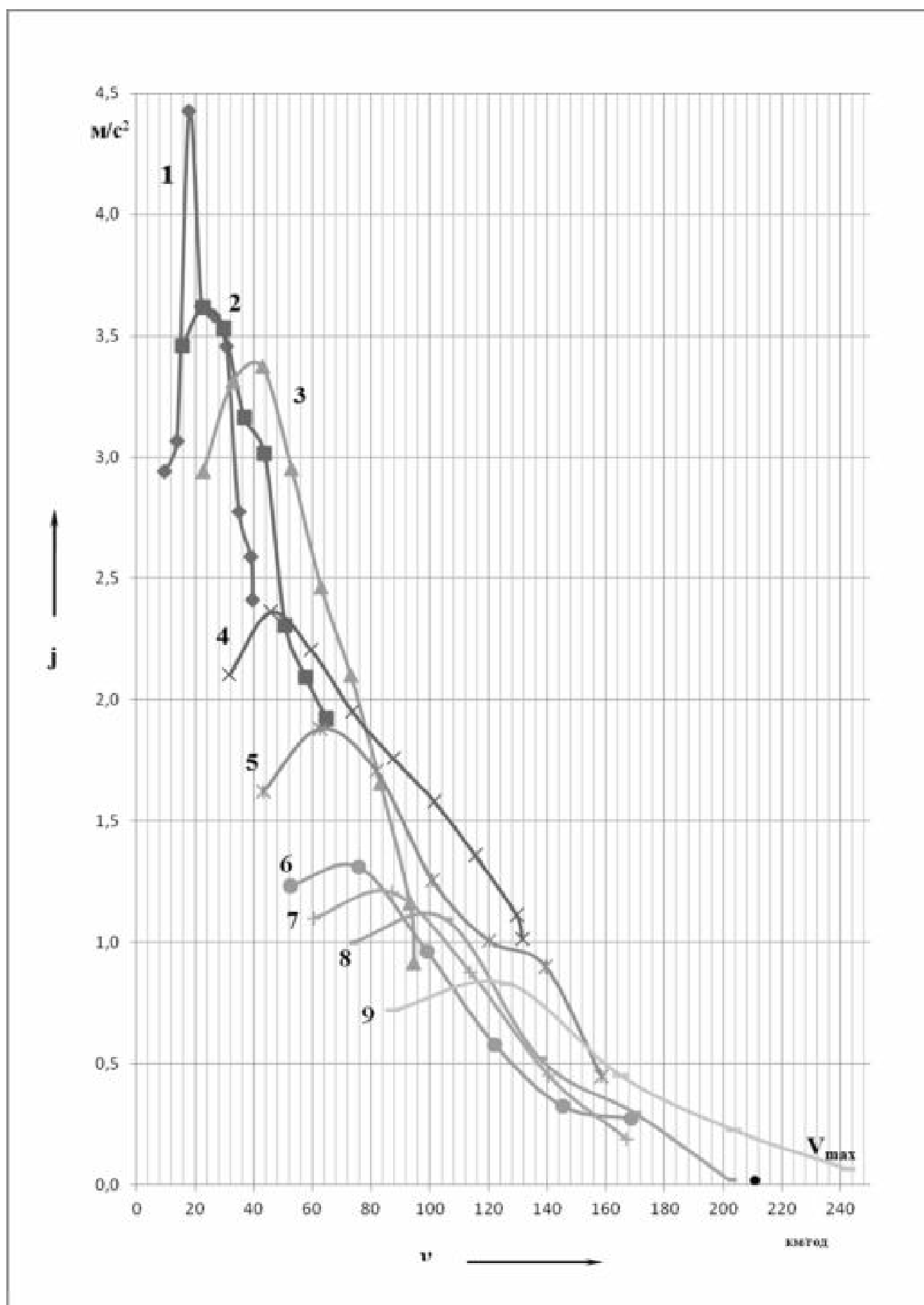


Рисунок 5.12 – Графік прискорення автомобіля для дизельного двигуна OM656

### 5.3.2 Шлях та час прискорення автомобіля

Розрахункові дані для побудови графіка шляху та часу прискорень зводимо до таблиці (для бензинового двигуна М274 (табл. 5.10); для бензинового двигуна М177 (табл. 5.11) та для дизельного двигуна ОМ656 (табл. 5.12)) та по даним таблиць 5.10-5.12 будуємо графіки часу (М274 (рис. 5.13); М177 (рис. 5.14); ОМ656 (рис. 5.15)) та шляху прискорень (М274 (рис. 5.16); М177 (рис. 5.17); ОМ656 (рис. 5.18)).

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків часу розгону та шляху розгону для бензинового двигуна М274

Параметр		Числове значення									
Uk1	Va	км/ч	10	16	21	27	33	39			
	j	м/с <sup>2</sup>	1,932	2,004	2,015	1,964	1,852	1,678			
	Vcp	км/ч	12,5	18,48	24,44	30,39	36,35				
	jcp	м/с <sup>2</sup>	1,968	2,009	1,989	1,908	1,765				
	ti	с	0,841	0,824	0,832	0,867	0,938				
	t		0	0,841	1,664	2,496	3,363	4,301			
	Si	м	2,925	4,227	5,646	7,322	9,467				
	S		0	2,925	7,152	12,798	20,120	29,587			
	tп	0,8	Dп	-0,0030	jп	-0,1698		Vп	-0,4891	Sп	8,6856
Uk2	Va	км/ч		39	45	55	65				
	j	м/с <sup>2</sup>		1,966	1,67	1,512	1,290				
	Vcp	км/ч		42,1	50,2	60,0					
	jcp	м/с <sup>2</sup>		1,817	1,590	1,401					
	ti			0,984	1,719	1,951					
	t			5,101	6,085	7,804	9,755				
	Si	м		11,502	23,969	32,537					
	S			38,273	49,775	73,743	106,281				
	tп	0,8	Dп	-0,008	jп	-0,219		Vп	-0,630	Sп	14,365
Uk3	Va	км/ч			64	79	94				
	j	м/с <sup>2</sup>			1,568	1,033	0,778				
	Vcp	км/ч			71,89	86,55					
	jcp	м/с <sup>2</sup>			1,301	0,905					
	ti				3,23	4					
	t				10,56	13,79	18,14				
	Si	м			64,53	104,64					
	S				120,65	185,18	289,82				
	tп		Dп	-0,0170	jп	-0,3020		Vп	-0,8699	Sп	20,7127

Продовження таблиці 5.10

Uk4	Va	км/ч				93	111				
	j	м/с <sup>2</sup>				1,13	0,536				
	Vcp	км/ч				101,67					
	jcp	м/с <sup>2</sup>				0,835					
	ti					5,92					
	t					18,94	24,86				
	Si					167,23					
	S					310,53	477,76				
	tп		Dп	0,0237	jп	0,3653		Vп	-1,052	Sп	24,454
Uk5	Va	км/ч					110	125			
	j	м/с <sup>2</sup>					0,767	0,312			
	Vcp	км/ч					117,1				
	jcp	м/с <sup>2</sup>					0,539				
	ti						7,77				
	t						25,66	33,43			
	Si	м					252,73				
	S						502,21	754,94			
	tп		Dп	0,0301	jп	0,4258		Vп	-1,2263	Sп	27,5555
Uk6	Va	км/ч					123	151			
	j	м/с <sup>2</sup>					0,550	0,017			
	Vcp	км/ч					137				
	jcp	м/с <sup>2</sup>					0,284				
	ti						26,83				
	t						34,23	61,06			
	Si	м					1021,53				
	S						782,50	1804,03			
	tп		Dп	0,0441	jп	0,5578		Vп	-1,6064	Sп	33,3286
Uk7	Va	км/ч						149	173		
	j	м/с <sup>2</sup>						0,324	0,219		
	Vcp	км/ч						161			
	jcp	м/с <sup>2</sup>						0,272			
	ti							24,66			
	t							61,86	86,52		
	Si	м						1104,56			
	S							1837,36	2941,92		
	tп		Dп	0,0583	jп	0,6915		Vп	-1,9914	Sп	38,2926

Продовження таблиці 5.10

Uk8	Va	км/ч						171	209	
	j	м/с <sup>2</sup>						0,074	0,039	
	Vcp	км/ч						190		
	jcp	м/с <sup>2</sup>						0,056		
	ti							37,94		
	t							87,32	125,26	
	Si	м						2006,30		
	S							2980,21	4986,51	
	tп		Dп	-0,0851	jп	0,9445		Vп	-2,7202	Sп
Uk9	Va	км/ч							207	251
	j	м/с <sup>2</sup>							0,059	0,026
	Vcp	км/ч							229,0	
	jcp	м/с <sup>2</sup>							0,042	
	ti								43,22	
	t								126,06	169,28
	Si	м							2749,19	
	S								5032,75	7781,94
	tп		Dп	-0,1226	jп	1,2978		Vп	-3,7377	Sп

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків часу розгону та шляху розгону для бензинового двигуна M177

Параметр		Числове значення									
Uk1	Va	км/ч	10	17	24	31	37	44			
	j	м/с <sup>2</sup>	4,984	5,241	5,350	5,313	5,129	4,798			
	Vcp	км/ч	13,0	20,02	27,01	34,00	40,98				
	jcp	м/с <sup>2</sup>	5,112	5,296	5,332	5,221	4,963				
	ti	с	0,380	0,366	0,364	0,372	0,391				
	t		0	0,380	0,746	1,110	1,482	1,873			
	Si	м	1,375	2,038	2,731	3,510	4,451				
	S		0	1,375	3,413	6,144	9,654	14,105			
	tп	0,8	Dп	-0,0034	jп	-0,1738		Vп	-0,5005	Sп	9,8279
Uk2	Va	км/ч		44	50	62	73				
	j	м/с <sup>2</sup>		5,066	4,72	4,483	4,097				
	Vcp	км/ч		47,2	56,1	67,7					
	jcp	м/с <sup>2</sup>		4,893	4,601	4,290					
	ti			0,364	0,697	0,747					
	t			2,673	3,036	3,733	4,480				
	Si	м		4,765	10,865	14,049					
	S			23,933	28,698	39,563	53,612				
	tп	0,8	Dп	-0,009	jп	-0,230		Vп	-0,661	Sп	16,251

Продовження таблиці 5.11

Uk3	Va	км/ч			73	89	106				
	j	м/с <sup>2</sup>			4,111	3,432	3,024				
	Vcp	км/ч			81,03	97,58					
	jcp	м/с <sup>2</sup>			3,771	3,228					
	ti				1,21	1					
	t				5,28	6,49	7,92				
	Si	м			27,29	38,80					
	S				69,86	97,15	135,96				
	tп		Dп	-0,0194	jп	0,3246	-	Vп	0,9349	Sп	23,4283
Uk4	Va	км/ч				105	124				
	j	м/с <sup>2</sup>				3,11	2,367				
	Vcp	км/ч				114,59					
	jcp	м/с <sup>2</sup>				2,739					
	ti					1,95					
	t					8,72	10,68				
	Si					62,15					
	S					159,38	221,54				
	tп		Dп	-0,0267	jп	0,3934	-	Vп	-1,133	Sп	27,477
Uk5	Va	км/ч					123	139			
	j	м/с <sup>2</sup>					2,265	1,736			
	Vcp	км/ч					130,9				
	jcp	м/с <sup>2</sup>					2,000				
	ti						2,16				
	t						11,48	13,64			
	Si	м					78,59				
	S						249,01	327,61			
	tп		Dп	-0,0333	jп	0,4554	-	Vп	1,3116	Sп	30,6650
Uk6	Va	км/ч					137	168			
	j	м/с <sup>2</sup>					1,798	1,165			
	Vcp	км/ч					153				
	jcp	м/с <sup>2</sup>					1,481				
	ti						5,71				
	t						14,44	20,15			
	Si	м					241,82				
	S						358,27	600,09			
	tп		Dп	-0,0487	jп	0,6011	-	Vп	1,7312	Sп	37,0886

Продовження таблиці 5.11

Uk7	Va	км/ч					166	193		
	j	м/с <sup>2</sup>					1,406	0,776		
	Vcp	км/ч					179			
	jcp	м/с <sup>2</sup>					1,091			
	ti						6,82			
	t						20,95	27,77		
	Si	м					340,11			
	S						637,18	977,29		
тп		Дп	0,0644	jp	0,7487		Vп	-2,1563	Sп	42,6121
Uk8	Va	км/ч						191	233	
	j	м/с <sup>2</sup>						0,954	0,188	
	Vcp	км/ч						212		
	jcp	м/с <sup>2</sup>						0,571		
	ti							20,58		
	t							28,57	49,15	
	Si	м						1211,15		
	S							1019,90	2231,05	
тп		Дп	0,0940	jp	1,0281		Vп	-2,9608	Sп	51,4501
Uk9	Va	км/ч							230	280
	j	м/с <sup>2</sup>							0,763	0,619
	Vcp	км/ч							254,8	
	jcp	м/с <sup>2</sup>							0,691	
	ti								19,92	
	t								49,95	69,87
	Si	м							1410,20	
	S								2282,50	3692,70
тп		Дп	0,1353	jp	1,4182		Vп	-4,0843	Sп	61,6811

Таблиця 5.12 – Результати розрахунків часу розгону та шляху розгону для дизельного двигуна OM656

Параметр		Числове значення								
Uk1	Va	км/ч	10	14	18	22	26	31		
	j	м/с <sup>2</sup>	2,941	3,067	4,428	3,624	3,580	3,456		
	Vcp	км/ч	11,7	15,88	20,11	24,33	28,56			
	jcp	м/с <sup>2</sup>	3,004	3,747	4,026	3,602	3,518			
	ti	с	0,391	0,313	0,292	0,326	0,334			
	t		0	0,391	0,704	0,996	1,322	1,655		
	Si	м	1,265	1,382	1,629	2,203	2,647			
	S		0	1,265	2,647	4,276	6,479	9,126		
	тп	0,8	Дп	-0,0016	jp	-0,1565		Vп	-0,4507	Sп

Продовження таблиці 5.12

Uk2	Va	км/ч		30	37	44	51				
	j	м/с <sup>2</sup>		3,512	3,53	3,162	3,014				
	Vcp	км/ч		33,5	40,2	47,2					
	jcp	м/с <sup>2</sup>		3,522	3,347	3,088					
	ti			0,511	0,579	0,628					
	t			2,455	2,966	3,546	4,173				
	Si	м		4,750	6,468	8,227					
	S			15,892	20,642	27,110	35,337				
тп	0,8	Дп	-0,004	jp	-0,182		Vп	-0,525	Sп	11,200	
Uk3	Va	км/ч			50	63	73				
	j	м/с <sup>2</sup>			2,858	2,461	2,101				
	Vcp	км/ч			56,55	68,00					
	jcp	м/с <sup>2</sup>			2,659	2,281					
	ti				1,34	1					
	t				4,97	6,31	7,54				
	Si	м			21,06	23,14					
	S				46,54	67,59	90,74				
тп		Дп	-0,0090	jp	0,2265	-	Vп	0,6523	Sп	16,1566	
Uk4	Va	км/ч				72	88				
	j	м/с <sup>2</sup>				2,18	1,758				
	Vcp	км/ч				80,00					
	jcp	м/с <sup>2</sup>				1,971					
	ti					2,15					
	t					8,34	10,49				
	Si					47,74					
	S					106,89	154,64				
тп		Дп	-0,0130	jp	0,2638	-	Vп	-0,760	Sп	19,388	
Uk5	Va	км/ч				87	101				
	j	м/с <sup>2</sup>				1,616	1,255				
	Vcp	км/ч				93,9					
	jcp	м/с <sup>2</sup>				1,436					
	ti					2,74					
	t					11,29	14,02				
	Si	м				71,39					
	S					174,02	245,41				
тп		Дп	-0,0172	jp	0,3041	-	Vп	0,8757	Sп	22,3480	

Продовження таблиці 5.12

Uk6	Va	км/ч				100	122				
	j	м/с <sup>2</sup>				1,299	0,579				
	Vcp	км/ч				111					
	jcp	м/с <sup>2</sup>				0,939					
	ti					6,53					
	t					14,82	21,36				
	Si	м				201,7					
	S					267,76	469,51				
	tп		Dп	-0,0252	jп	0,379 5	Vп	1,093 0	Sп		27,037 4
Uk7	Va	км/ч					121	140			
	j	м/с <sup>2</sup>					1,050	0,451			
	Vcp	км/ч					131				
	jcp	м/с <sup>2</sup>					0,750				
	ti						7,17				
	t						22,16	29,32			
	Si	м					260,3				
	S						496,55	756,88			
	tп		Dп	-0,0333	jп	0,456 0	Vп	1,313 2	Sп		31,071 2
Uk8	Va	км/ч						139	170		
	j	м/с <sup>2</sup>						0,763	0,297		
	Vcp	км/ч						154			
	jcp	м/с <sup>2</sup>						0,530			
	ti							16,03			
	t							30,12	46,15		
	Si	м						687,61			
	S							787,96	1475,57		
	tп		Dп	-0,0487	jп	0,600 6	Vп	1,729 9	Sп		37,528 4
Uk9	Va	км/ч							168	204	
	j	м/с <sup>2</sup>							0,776	0,224	
	Vcp	км/ч							185,9		
	jcp	м/с <sup>2</sup>							0,500		
	ti								19,82		
	t								46,95	66,77	
	Si	м							1023,33		
	S								1513,10	2536,42	
	tп		Dп	-0,0701	jп	0,802 7	Vп	2,3117	Sп		45,0079

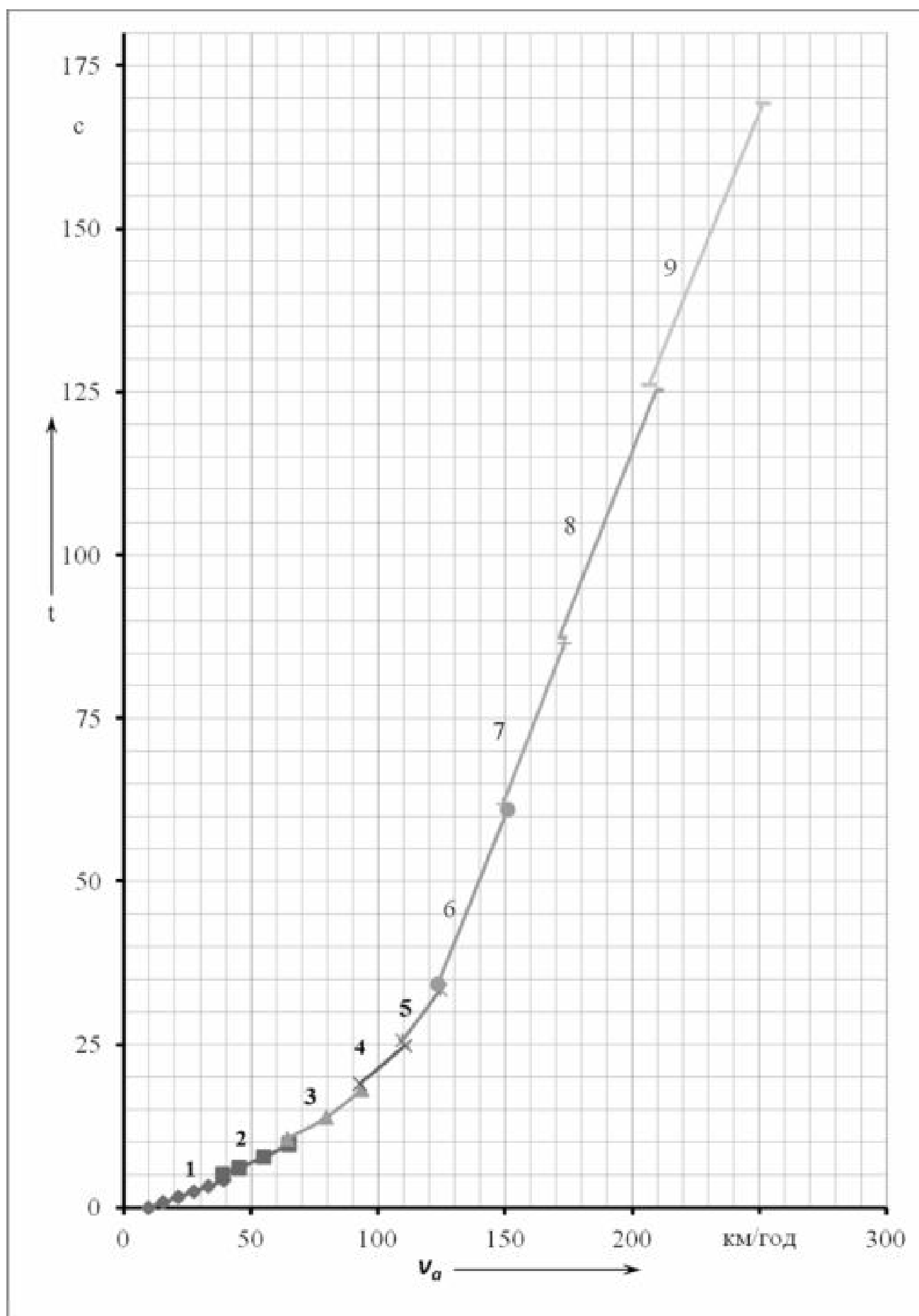


Рисунок 5.13 – Графік часу розгону бензинового двигуна M274

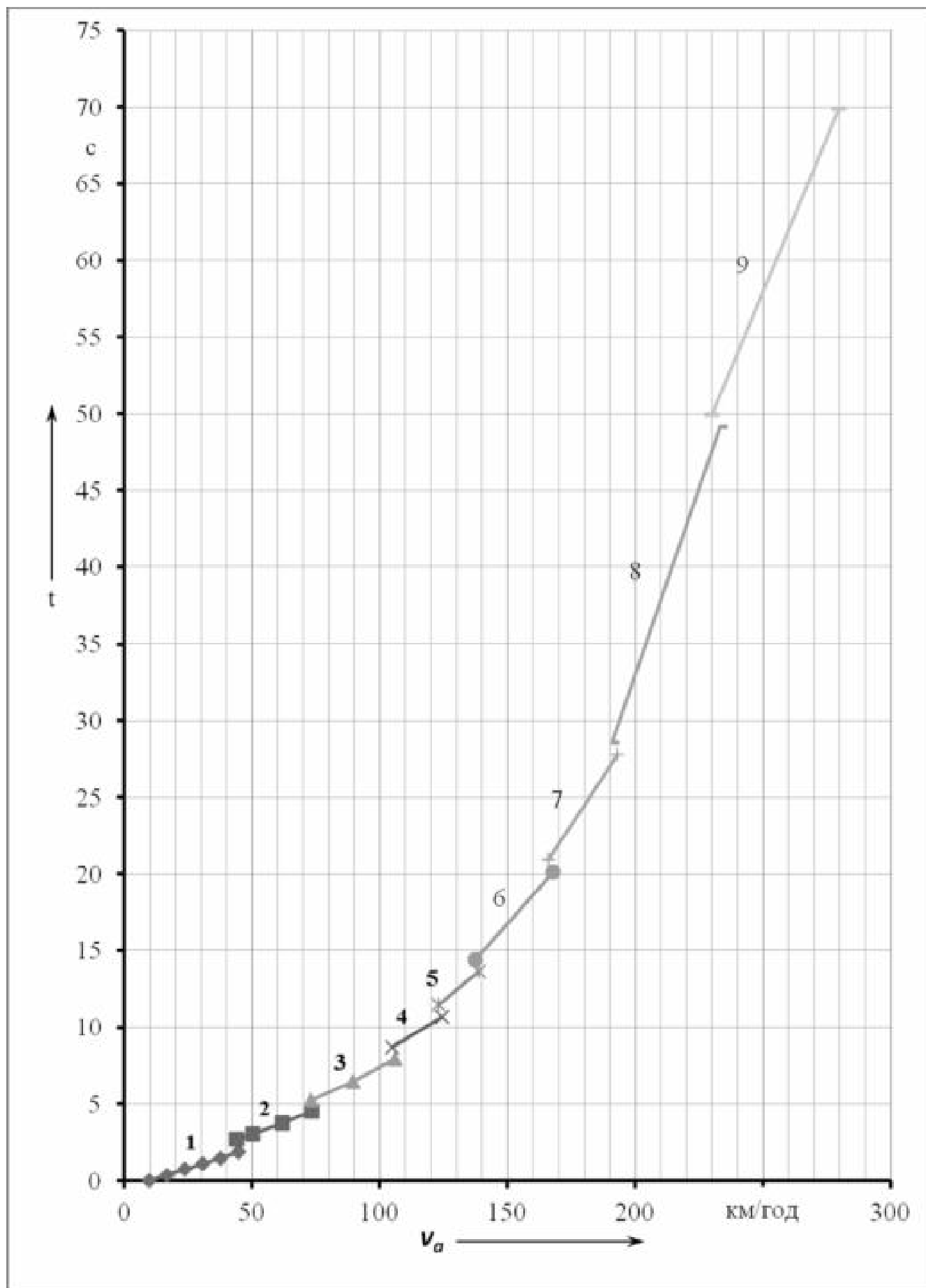


Рисунок 5.14 – Графік часу розгону бензинового двигуна М177

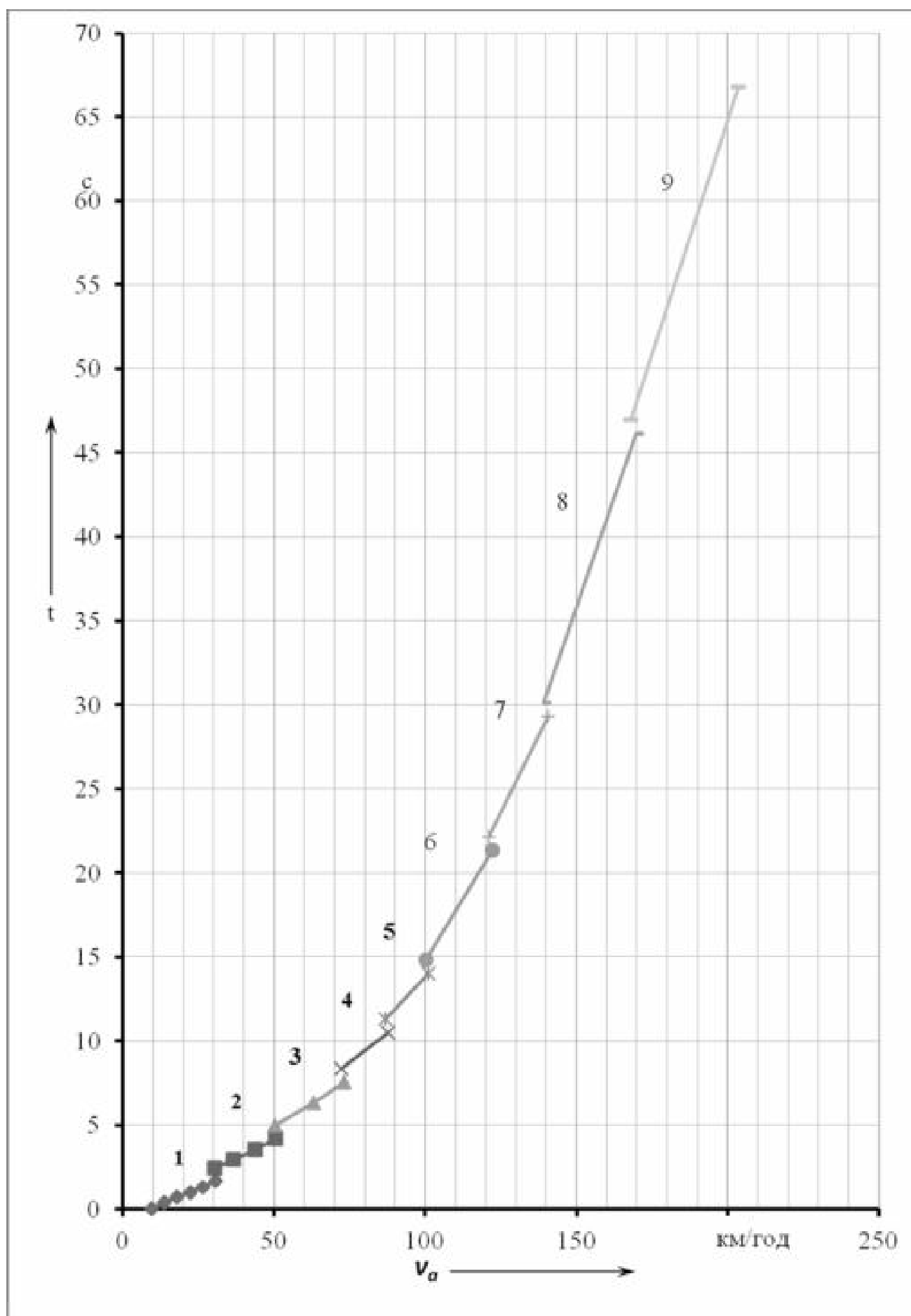


Рисунок 5.15 – Графік часу розгону дизельного двигуна OM656

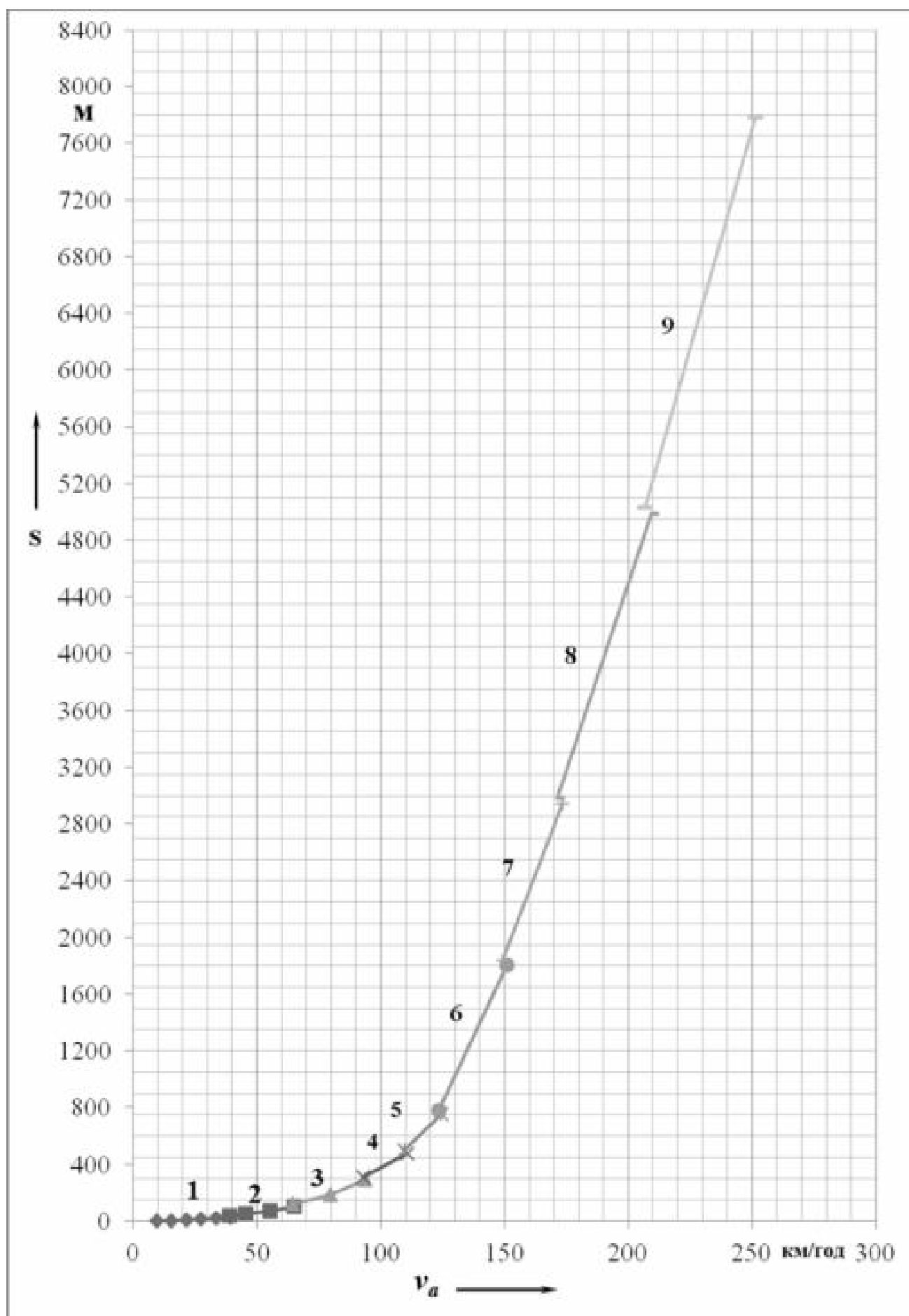


Рисунок 5.16 – Графік шляху розгону бензинового двигуна M274

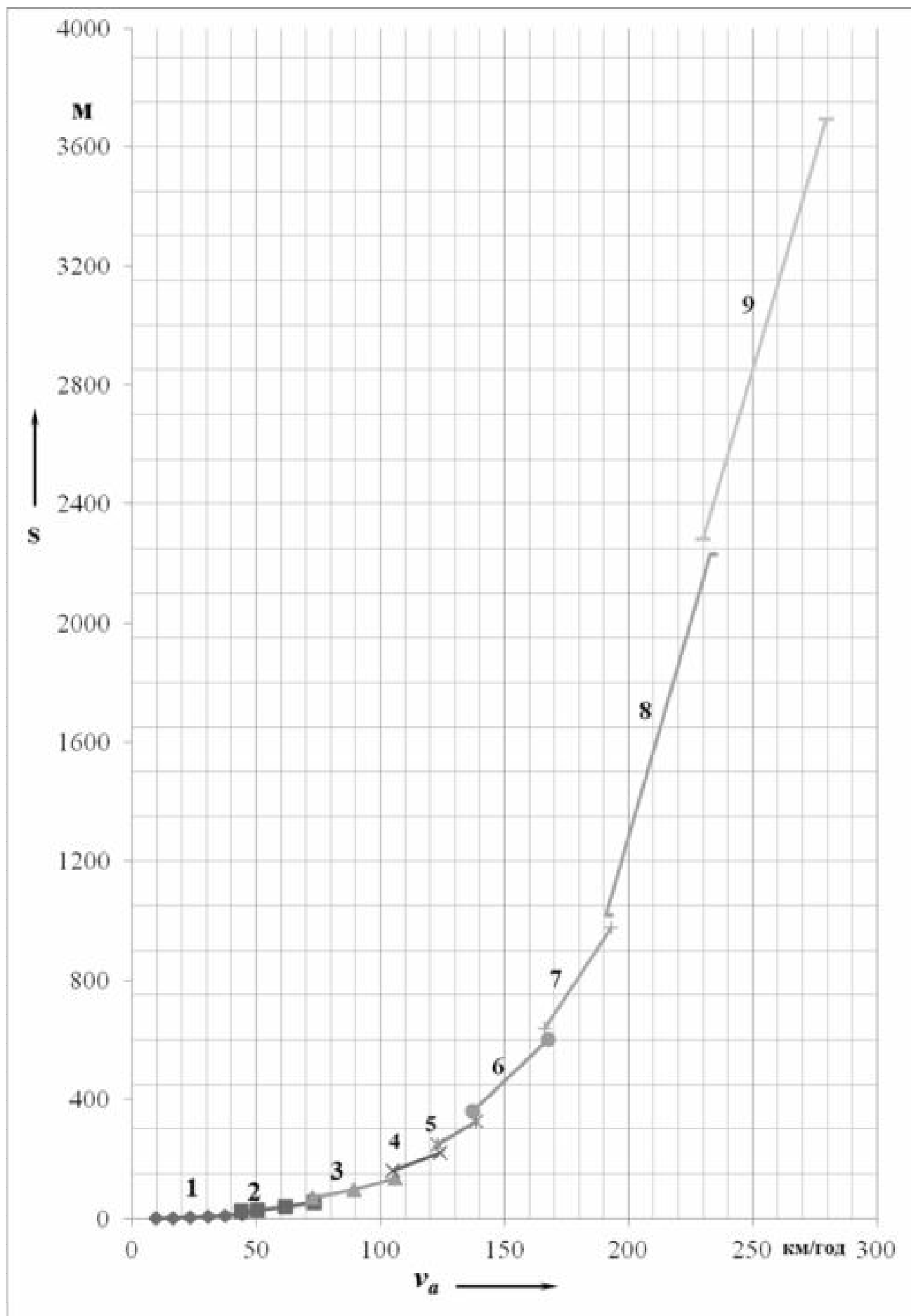


Рисунок 5.17 – Графік шляху розгону бензинового двигуна М177

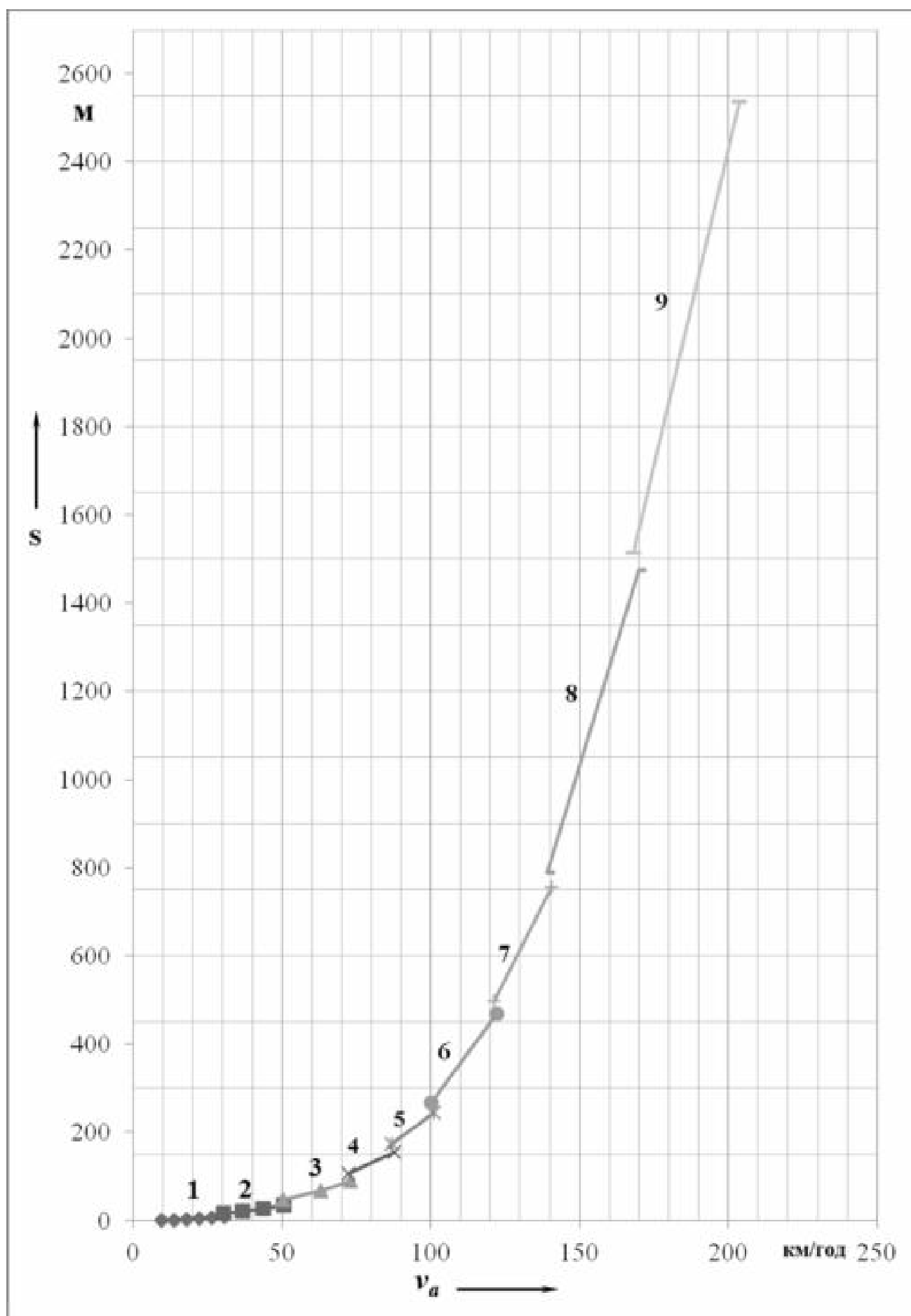


Рисунок 5.18 – Графік шляху розгону дизельного двигуна OM656

#### 5.4 Баланс потужності автомобіля

При виборі також значення швидкостей руху автомобіля на всіх передачах, що відповідають прийнятим раніше величинам частоти обертання колінчастого вала двигуна, зводимо дані в таблиць (бенз. ДВЗ М274 (табл. 5.13); бенз. ДВЗ М177 (табл. 5.14); дизел. ДВЗ ОМ656 (табл. 5.15)) і по ним будемо графіки балансу потужності автомобіля (М274 (рис. 5.19); М177 (рис. 5.20); ОМ656 (рис. 5.21)).

Таблиця 5.13 – Результати розрахунків складових балансу потужності М274:

Параметр		Числове значення								
n, об/хв		1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
Ne, кВт		29	49	70	90	108	122	132	135	135
Nk, кВт		26	45	64	82	98	111	120	123	123
V, км/год	uk1	10	16	21	27	33	39	45	51	52
	uk2	16	26	35	45	55	65	75	85	86
	uk3	23	37	51	65	79	94	108	122	124
	uk4	32	51	71	91	111	130	150	170	172
	uk5	43	70	98	125	152	179	206	233	237
	uk6	52	85	118	151	184	216	249	282	286
	uk7	60	98	136	173	211	249	286	324	329
	uk8	73	118	164	209	255	300	346	391	398
	uk9	87	142	197	251	306	361	415	470	477
Nψ, кВт		7,46	17,93	36,68	66,90	111,77	174,49	258,24	366,19	382,91
NW, кВт		7,84	33,61	89,16	185,95	335,42	549,02	838,20	1214,41	1272,89
Nψ+NW, кВт		15,30	51,53	125,83	252,84	447,19	723,51	1096,44	1580,60	1655,80

Таблиця 5.14 – Результати розрахунків складових балансу потужності М177:

Параметр		Числове значення								
n, об/хв		1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
Ne, кВт		84	153	225	293	355	405	438	450	450
Nk, кВт		76	139	204	267	323	368	398	410	409
V, км/год	uk1	10	17	24	31	37	44	51	58	59
	uk2	16	27	39	50	62	73	85	97	98
	uk3	23	39	56	73	89	106	123	139	141
	uk4	32	55	78	101	124	147	171	194	197
	uk5	43	75	107	139	170	202	234	266	270
	uk6	52	91	129	168	206	245	283	321	327
	uk7	60	104	149	193	237	281	325	370	375
	uk8	73	126	180	233	286	340	393	446	454
	uk9	87	152	216	280	344	408	472	536	544

Продовження таблиці 5.14

НΨ, кВт	8,51	23,35	52,05	100,46	174,44	279,84	422,52	608,33	636,43
NW, кВт	7,97	41,44	119,32	260,39	483,43	807,20	1250,50	1832,08	1920,30
НΨ+NW, кВт	16,48	64,79	171,37	360,85	657,86	1087,04	1673,01	2440,41	2556,73

Таблиця 5.15 – Результати розрахунків складових балансу потужності ОМ656:

Параметр		Числове значення								
n, об/хв		1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
Ne, кВт		46	70	96	121	146	170	191	210	210
Nk, кВт		42	64	87	110	133	154	174	191	191
V, км/год	uk1	10	14	18	22	26	31	35	39	40
	uk2	16	23	30	37	44	51	58	65	66
	uk3	23	33	43	53	63	73	83	93	95
	uk4	32	46	60	74	88	102	116	130	132
	uk5	43	63	82	101	120	139	159	178	181
	uk6	52	76	99	122	145	169	192	215	219
	uk7	60	87	114	140	167	194	221	247	251
	uk8	73	105	137	170	202	234	267	299	304
	uk9	87	126	165	204	242	281	320	359	364
НΨ, кВт		8,57	16,28	28,25	45,78	70,17	102,74	144,80	197,64	206,35
NW, кВт		7,84	23,56	52,59	99,02	166,94	260,43	383,59	540,50	566,53
НΨ+NW, кВт		16,42	39,84	80,83	144,79	237,11	363,18	528,39	738,13	772,87

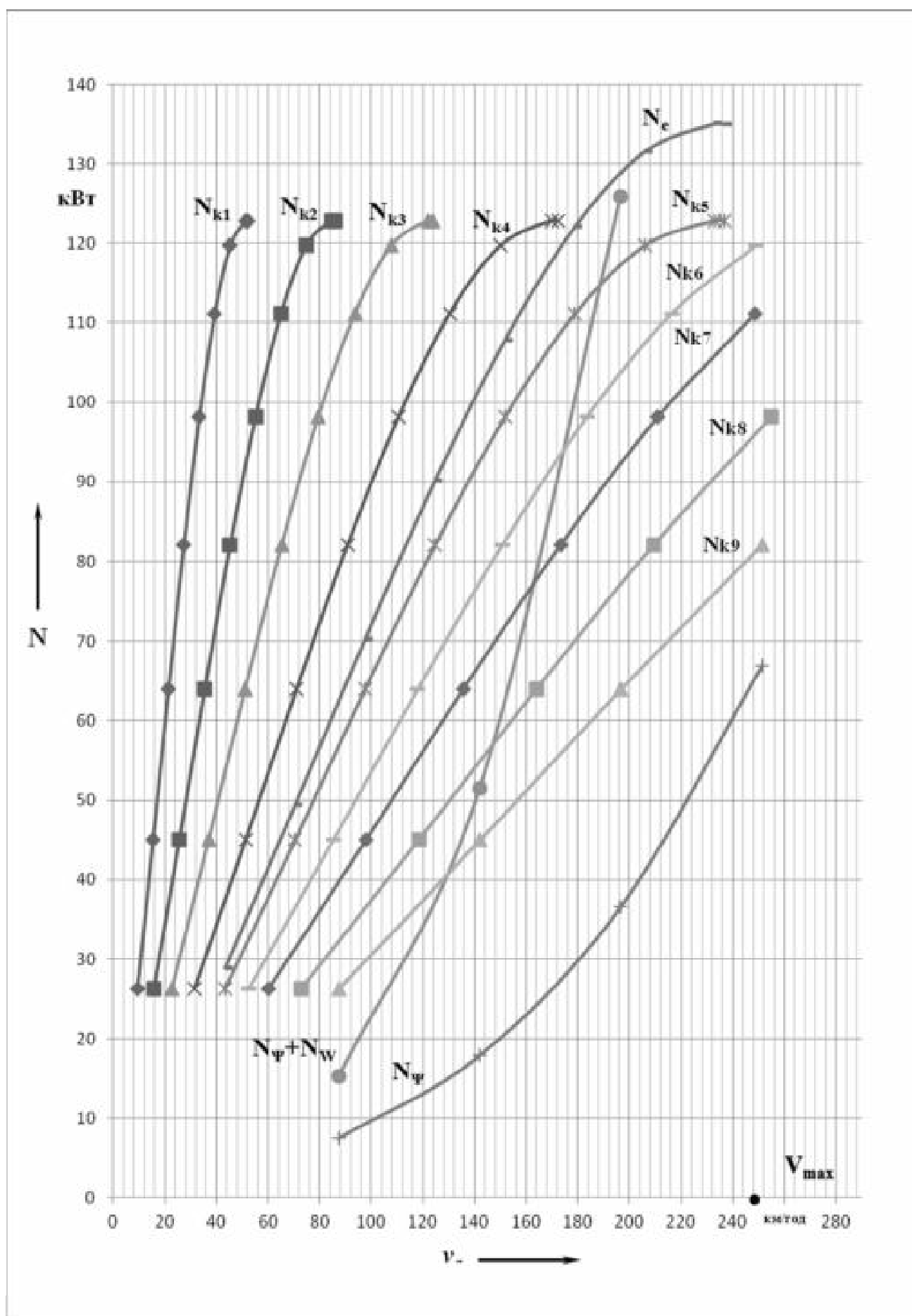


Рисунок 5.19 – Графік балансу потужності автомобіля E200

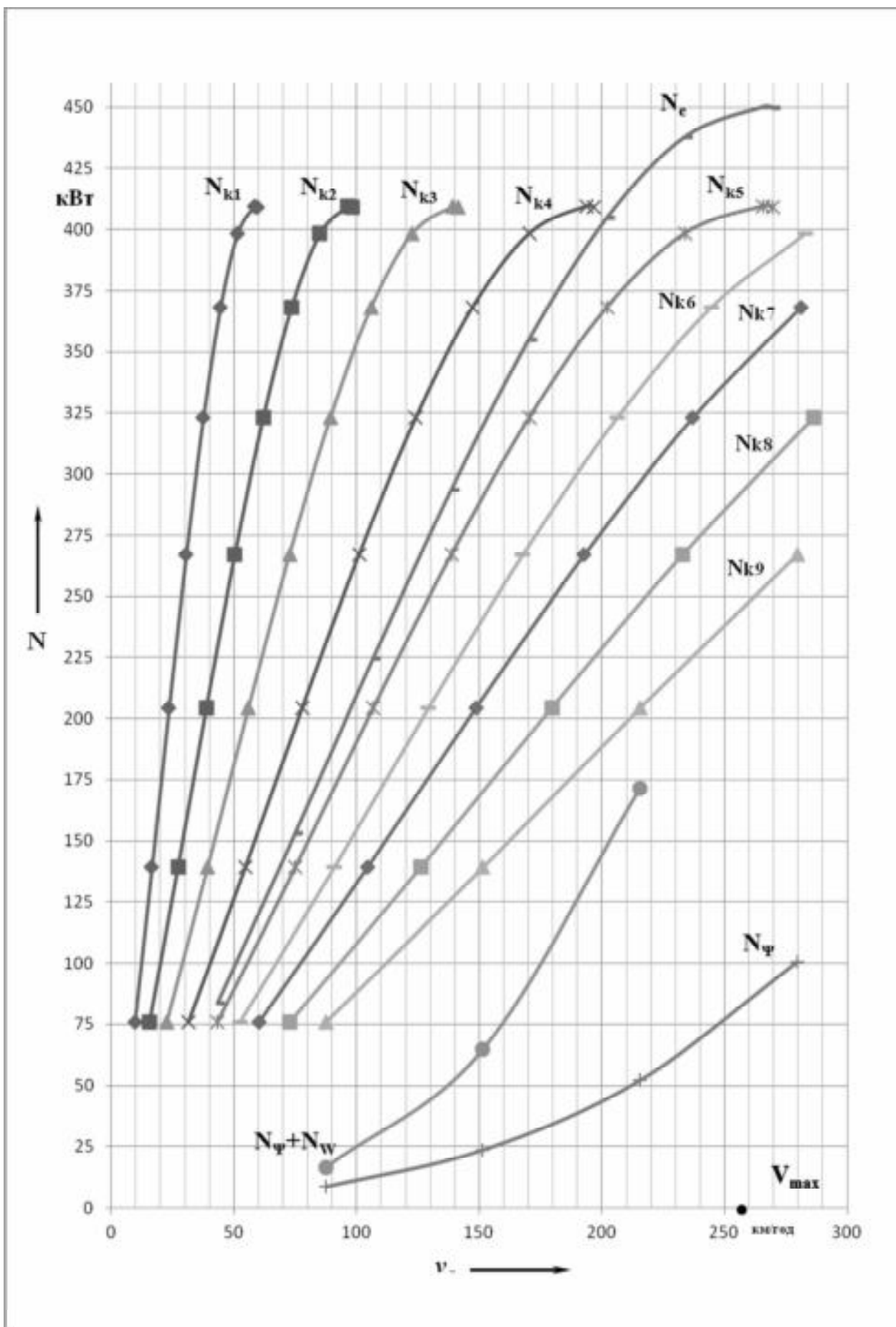


Рисунок 5.20 – Графік балансу потужності автомобіля E63S

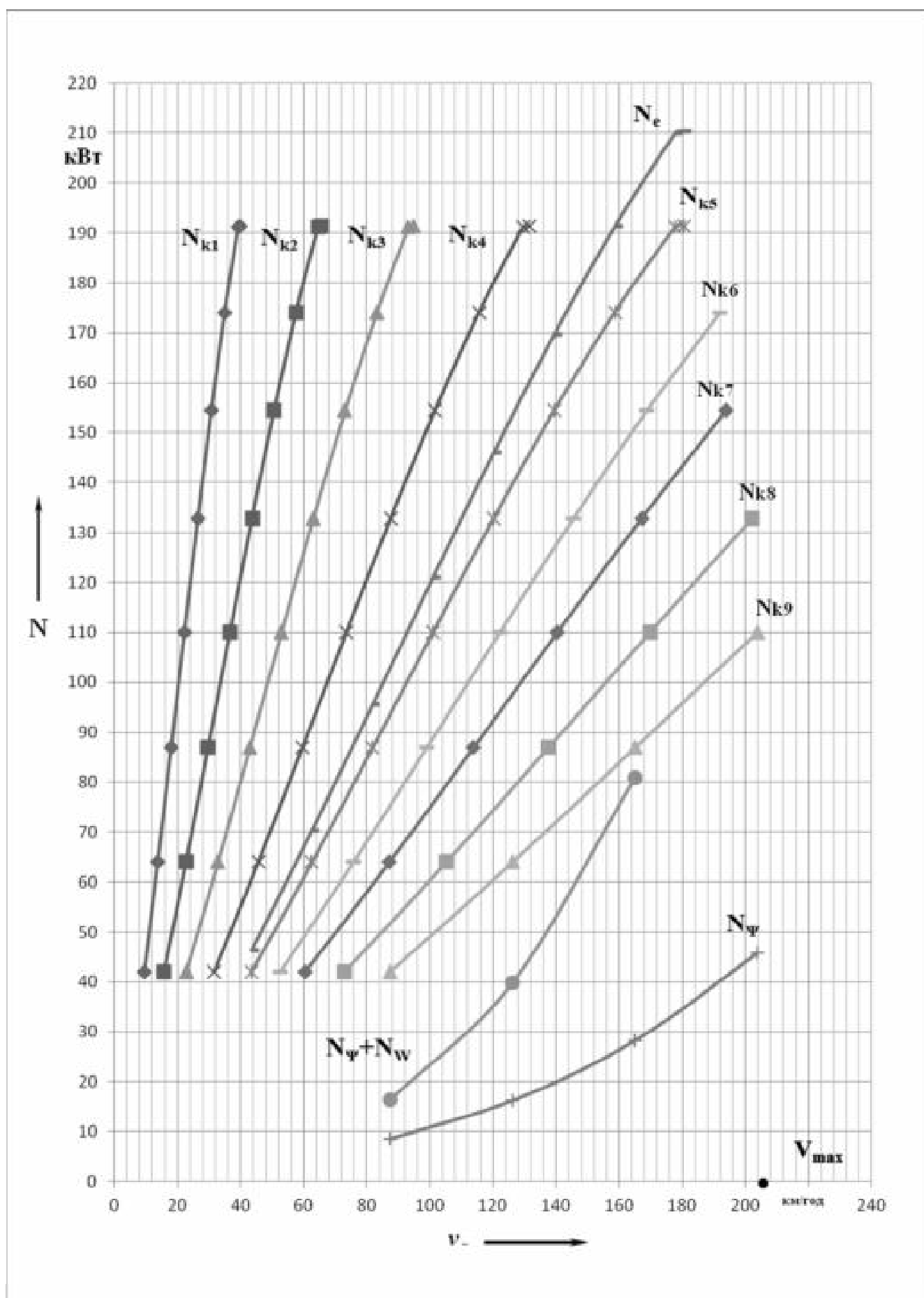


Рисунок 5.21 – Графік балансу потужності автомобіля E200

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ В ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Метою розділу є розробка організаційних і технічних заходів, що забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці. Оскільки автомобільний транспорт є одним з найвідповідальніших об'єктів, то перед промисловістю встають задачі підвищення його довговічності і надійності. Одним з основних методів підвищення цих якостей є правильний і точний метод виготовлення конструкцій. Для цього необхідно використовувати потрібне і зручне технологічне устаткування, витримувати норми по техніці безпеки і правильно будувати технологічний процес. Робота автомобільного транспорту відноситься до класу робіт з підвищеною небезпекою, а усунення причин виробничого травматизму та оздоровлення умов праці працюючих і зниження професійних захворювань є в нашій країні державною задачею, рішення якої здійснюється на підставі закону України “Про охорону праці” і інших нормативних документів в області охорони праці. Головним об'єктом дослідження є людина, виробниче середовище, обстановка, взаємозв'язок людини з навколишнім середовищем, технологічним процесом, організацією праці і виробництва.

### 6.1 Виробнича санітарія

У технологічних процесах технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів можуть мати місце наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищення запиленості і загазованості повітря робочої зони; нагрівання поверхонь устаткування, матеріалів; зміна вологості, температури і рухливості повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій на робочому місці при ремонтних і контрольно-діагностичних операціях; недостатня освітленість робочої зони; наявність у складі застосовуваних матеріалів шкідливих компонентів, що впливають на шкіряний покрив, дихальні шляхи, травну систему і слизисту оболонку органів зору.

Важливою умовою безпечного і високопродуктивної праці є усунення виробничої шкоди, а саме:

- погане освітлення
- мікроклімат у приміщенні (протяги, низька або висока температура на робочих місцях).
- забруднення повітряного середовища;
- шумів і вібрації;

Освітленість робочих місць штучним світлом повинна відповідати для робіт середньої точності при малому контрасті розрізнення об'єкта з фоном (фон світлий). Усі стаціонарні світильники повинні бути міцно укріплені, щоб вони не давали хитних тіней.

Основним завданням виробничого освітлення є підтримання на робочому місці освітленості, що відповідає характеру зорової роботи. При висвітленні проектного приміщення використовується суміщене освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. При цьому природне освітлення є комбінованим, тобто поєднує верхнє (здійснюване через світлові ліхтарі) і бічне (здійснюється через світлові прорізи) освітлення. Штучне освітлення проектного цеху також є комбінованим, тобто представляє сукупність місцевого і загального освітлення. Правильно спроектоване і виконане висвітлення на підприємствах забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Важливе значення має правильна колірна обробка приміщень. Покриття стін повинне бути матовим, без відблисків; верхні ділянки стін і стеля слід фарбувати в білий колір, так як цей колір має найбільшу відбивну здатність і тим самим збільшує освітленість приміщення. Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи і безпеку на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення. Від освітлення залежать також продуктивність праці і якість продукції, що випускається.

Температура в теплий період року не повинна перевищувати: при легких роботах - 22...25°С, роботах середньої ваги - 20...23, важких - 18...21°С; у холодний і

перехідний періоди року: при легких роботах - 20...23°С, роботах середньої ваги - 17...20, важких 16...18°С. Відносна вологість повітря в робочих зонах - 60...40 %.

Відповідно до вимог СНиП II-93-74 "Підприємства по обслуговуванню автомобілів" розрахункова температура повітря в приміщеннях для збереження автомобілів складає 5°С, у приміщеннях для технічного обслуговування, діагностування і поточного ремонту автомобілів - 16°С. В опалювальних виробничих приміщеннях, а також у приміщеннях зі значними тепловиділеннями, де площа підлоги на кожного працюючого складає від 50 до 100 м<sup>2</sup>, у холодний і перехідний періоди року допускається зниження температури повітря поза постійними робочими місцями: до 12 °С - при легких роботах, 10 °С - при роботах середньої ваги і до 8°С - важких роботах. На робочих місцях при будь-яких умовах необхідно підтримувати нормовані умови праці в холодний і перехідний періоди року.

Швидкість руху повітря в теплий період року: при легких роботах не більш 0,2 м/с, роботах середньої ваги - 0,3...0,4, важких - 0,5 м/с; у холодний і перехідний періоди року: при легких роботах не більш 0,2 м/с, роботах середньої ваги - 0,2...0,3, важких - 0,3 м/с.

Для підтримки оптимальних параметрів повітряного середовища виробничі, допоміжні й адміністративно побутові приміщення автотранспортних підприємств обладнаються системами центрального опалення і припливно - витяжний вентиляції. Як теплоносія в системах опалення дозволяється використовувати перегріту воду (150 °С) і пара. Приміщення для технічного обслуговування, діагностування і поточного ремонту автомобілів обладнають системами загально обмінної і місцевої вентиляції. Подача повітря в робочі канали-125м<sup>3</sup>/год, швидкість випуску повітря з припливних отворів під кутом 45° до площини підлоги канали - 2,0...2,5 м/с, температура подаваного повітря в холодний період року - не нижче 16 °С и не вище 25 °С.

Виробничі ділянки з виділеннями шкідливих речовин, пар, пилу (ковальсько-ресорний, зварювальний, малярський ділянки, ремонту приладів системи харчування) повинні бути ізольовані від інших приміщень. Приміщення для

технічного обслуговування, діагностування, поточного ремонту і збереження автомобілів обладнують припливною - витяжною, а канали, траншей - припливної вентиляції, вони не повинні захищатися сторонніми предметами.

Шкідливий вплив на організм людини роблять також шум і вібрація. Шум високого і середнього частотного діапазону приводить до швидкої стомлюваності працюючого і зниженню його працездатності.

Під впливом виробничої шкоди можуть виникнути професійні захворювання. Завдання виробничої санітарії та гігієни праці є повне виключення або суттєве зменшення виробничого шкоди.

## 6.2 Основні вимоги техніки безпеки

Для попередження виробничого травматизму на підприємстві необхідно:

- інструктувати робітників з безпечних прийомів роботи;
- контролювати дотримання правил охорони праці.

При знятті агрегатів і деталей, пов'язаних з великим фізичним напруженням, а також при незручностях у роботі слід застосовувати пристосування і знімачі, що забезпечують безпеку виконання даної роботи;

При розбиранні знімати, транспортувати і встановлювати великовагові вузли слід за допомогою підйомно-транспортних механізмів, обладнаних пристосуваннями, захватами, що гарантують повну безпеку робіт. Забороняється користуватися електроінструментом з несправною ізоляцією або відсутністю заземлення.

Обладнання повинно бути розставлено з дотриманням необхідних розривів. Не допускається скупчення на ділянці великої кількості вузлів і деталей. Забороняється захищати проходи, проїзди та підходи до дощок з пожежним інструментом і вогнегасниками.

Для забезпечення електробезпеки виробниче приміщення окантоване шиною заземлення, розташованої на 0,5 м від підлоги і обладнаної надійними контактами. Всі корпуси електродвигунів, а також металеві частини обладнання, що знаходяться

на робочому місці, які можуть опинитися під напругою, повинні бути занулені або заземлені. Переносний електроінструмент можна застосовувати за умови його справності. При перерві в подачі електроенергії негайно відключити інструмент і пристосування.

При роботі пневматичним інструментом його під час роботи тримають двома руками - за рукоятку і корпус; при несправності пневмоінструменту відключають від повітропроводу; вставляють і виймають робочий інструмент тільки після виключення пневмоінструменту. Шланг не повинен мати зламів, розривів, потертостей, порізів. Слід уникати натягу, петління і перекручування шланга. Попадання на шланг масла та інших нафтопродуктів теж не бажано. Від'єднувати шланг від повітропроводу або інструменту слід тільки після закриття крана, що подає стисле повітря в шланг, так як стиснуте повітря може вирвати шланг з рук і травмувати.

Розбирати вузли, дозволяється тільки на спеціальних стендах або за допомогою пристосувань, що забезпечують безпечну роботу. При випресовке деталей, що мають щільну посадку, на пресах останні слід забезпечувати захисними ґратами.

Всі інструменти і пристосування, використовувані в роботі повинні перебувати в справному стані, утримуватися в чистоті і порядку.

Сміття необхідно своєчасно прибирати з робочого місця в контейнери для відходів або в контейнери для сміття.

### 6.2.1 Техніка безпеки при роботі на металоріжучих верстатах

Передавальні вали верстата, що обертаються, можуть захопити і навернути на себе частини одягу робітника. Особливо небезпечні вали, мають виступаючі частини або канавки шпон. Такі вали повинні бути приховані (втоплені) в станині верстатів або захищені. В більшості випадків ці вали захищають телескопічними трубками. Всі привідні і передавальні механізми верстатів і їх частини (шків, ремені, ланцюги, що обертаються, гвинти, шестерні, вали, в відповідності з

правилами техніки безпеки повинні бути розташовані в корпусі станка або захищені запобіжними пристроями. Добре сконструйована огорожа звичайно не тільки забезпечує безпеку, та сприяє підвищенню продуктивності праці робочого. Привідні і передавальні механізми верстатів захищають знімними або відкриваються пристроями. По конструктивному оформленню огорожі виконують як невід'ємну частину верстата, офарблюючи їх зовнішню поверхню в той же колір, у який забарвлена машина, внутрішню - у червоний колір, що сигналізує про небезпеку роботи при відкритій огорожі.

Для відведення стружки використовуються різні конструкції пристосувань. Найпоширеніший метод руйнування стружки заснований на використуванні стружкозавивної канавки радіусу на передній поверхні різця паралельно ріжучій кромці. Зливна стружка, стікаючи по поверхні канавки, завивається тим крутіше. Чим ближче розташована канавка до ріжучої кромки різця і чим менше її радіус. Стружка, завиваючись в канавці, руйнується на дрібні частинки.

Використовуються також накладні стружколоми. Їх розміщують зверху різця і кріплять разом з резцедержателем. Накладний стружколом має заломлений кінець, який розміщують залежно від глибини різання на відстані 2...6 мм від ріжучої кромки.

Вживання захисного екрану дозволяє захистити зону різання, що забезпечує безпеку при обслуговуванні токарного верстата і створює сприятливі умови для нагляду за процесом обробки виробу.

### 6.3 Пожежна безпека.

У кожному приміщенні автотранспортного підприємства мають бути вивішені на видному місці виписки з правил пожежної безпеки, які слід виконувати в даному приміщенні, а також таблички з прізвищем особи, відповідальної за пожежну безпеку. Категорично забороняється захаращувати запасні проходи, під'їзди до водойм, розташування пожежного інвентаря, обладнання та пожежної електросигналізації, порушувати спосіб розстановки автомобілів, розміщати на

стоянках автомобілів більше за норму. У приміщеннях для зберігання автомобілів забороняється користуватися відкритим вогнем, палити. У приміщеннях для ремонту автомобілів і в підсобних забороняється палити, користуватися відкритим вогнем, переносними горнами, паяльними лампами, зберігати легкозаймісті і горючі рідини. У приміщеннях для стоянки, ремонту і технічного обслуговування забороняється зберігати порожню тару з-під палива і змащувальних матеріалів. Розлите масло, необхідно негайно засипати піском чи тирсою і прибрати. Використані ганчірки прибирають у металеві ящики із щільно закритими кришками, а закінчивши роботу, виносять у відведені місця. Забороняється зберігати фарби, кислоти, карбід кальцію та інші легкозаймісті матеріали у загальних приміщеннях. Фарби зберігають окремо від кислот і карбіду кальцію. У приміщеннях для стоянки і технічного обслуговування автомобілів встановлюють густопінні вогнегасники з розрахунку один вогнегасник на 50 м<sup>2</sup> площі, але не менше двох на кожне окреме приміщення. Крім того, мають бути ящики із сухим просіяним піском з розрахунку один ящик місткістю 0,5 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> площі, але не менше одного на кожне окреме приміщення. Біля кожного ящика з піском повинна бути лопата. Ящики фарбують у червоний колір, щільно закривають. На них пишуть: «Пісок на випадок пожежі». У випадку загоряння автомобіля в зоні стоянки його негайно відтягують з цієї зони, щоб не загорілися інші автомобілі і вживають заходів до гасіння. Гасити пожежу на автомобілі краще густопінним або вуглекислотним вогнегасником. При виникненні пожежі на лінії вогонь накривають брезентом чи іншою щільною тканиною, а місце, що палає, також засипають піском, землею. Не можна гасити двигун, що горить, водою, оскільки вона допомагає поширенню вогню.

Ділянка, де знаходиться робоче місце, повинна мати міцні вогнетривкі стіни. Підлога на ділянці повинна мати рівну (без порогів) гладку, але не слизьку, ударостійку, стійку до нафтопродуктів поверхню. У приміщеннях з холодними підлогами, наприклад, цементними на робочих місцях під ноги укладають дерев'яні решітки або настили.

Автомобіль споряджений вогнегасником. В більшості випадків спалах автомобілів відбувається через неправильну експлуатацію, несправностей системи

живлення, системи електрообладнання, недбалості водія та пасажирів. Періодично перевіряти і обслуговувати систему живлення та систему електрообладнання.

#### 6.4 Екологічна безпека

Переробка акумуляторів електромобілів сучасними способами.

Утилізація акумуляторів здійснюється в кілька стадій: усі блоки складаються в безпечних відсіках, в яких здійснюється злив електроліту; на лінії корпуси розрізають і дрібні деталі проходять через дробильний апарат; отримані гранули відправляються в подальшу переробку; пластик відділяється від металу, всі матеріали поділяються на своїх цілей; метали, що залишилися після поділу, виплавляють, отримуючи окремо мідь і свинець.

Таким шляхом утилізація акумуляторів дозволяє отримати ряд компонентів, що використовуються для подальшої переробки: сталь, відлитий пластик, мідь і свинець (повторно можна використовувати і електроліт). Така спільна переробка дає можливість скоротити дію шкідливих складових.

#### 6.5 Розрахунок освітленості приміщення.

Для розрахунку робочого штучного освітлення цеху в якості вихідних даних приймається:

- тип джерела світла: для освітлення виробничого приміщення лінійні люмінесцентні лампи;
- тип системи освітлення - штучне;
- характеристики цеху: довжина - 10 м, ширина - 20 м, висота розташування світильників – 3,2 м;
- коефіцієнт мінімальної освітленості, рівний відношенню середньої освітленості і мінімальної, прийmemo  $z = 1,15$ .

Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення горизонтальної робочої поверхні виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Світловий потік (лм) однієї лампи:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}} \times S \times z \times K_{\text{з}}}{N \times n \times \eta} \Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \times S \times z \times K_{\text{з}}}{N \times n \times \eta} ; \quad (6.1)$$

де  $\Phi_{\text{л}}$   $\Phi_{\text{п}}$  – світловий потік лампи, лм;

$E_{\text{н}}$  - нормована мінімальна освітленість за СНиП II -4-79 «Природне і штучне освітлення»,  $E_{\text{н}} = 400$  лк;

$S$  - площа освітлюваного приміщення,  $S = 200$  м<sup>2</sup>;

$z$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $z = 1,15$ ;

$K_{\text{з}}$  - коефіцієнт запасу, по СНиП II -4-79 «Природне і штучне освітлення»  $K_{\text{з}} = 1,5$ ;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку;

$n$  – 1 шт. – число ламп в світильнику типа “Линейные люминесцентные”;

$N$  - число світильників в приміщенні(розраховується);

Коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta_{\text{н}}$ , що дав назву методу розрахунку, визначають за СНиП II -4-79 «Природне і штучне освітлення» в залежності від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі  $\rho_{\text{п}}$ , стіни  $\rho_{\text{с}}$ , статі  $\rho_{\text{р}}$ , розмірів приміщення, що визначаються індексом приміщення.

$$i = \frac{A \times B}{H \times (A + B)} = \frac{10 \times 20}{3,2 \times (10 + 20)} = 2,08 \quad (6.2)$$

де  $A$  - довжина приміщення в плані,  $A = 10$  м;

$B$  - ширина приміщення в плані,  $B = 20$  м;

$H$  - висота підвісу світильників над робочою поверхнею,  $H = 3,2$  м.

$$i = \frac{10 \times 20}{3,2 \times (10 + 20)} = 2,08 \quad i = \frac{10 \times 20}{3,2 \times (10 + 20)} = 2,08 ; \quad (6.3)$$

Для коефіцієнтів відбиття стелі  $\rho_{\text{п}} = 30\%$ , стіни  $\rho_{\text{с}} = 10\%$ , підлоги  $\rho_{\text{р}} = 10\%$  і індексу приміщення  $i = 2,08$ , коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,64$ .

Для світильника типа “Линейные люминесцентные” при  $H_{\text{о.бщ}} = 4H_{\text{р}} = 4$  м та  $H_{\text{р}} = 0,8$  м (робоче місце), висота його підвісу складатиме  $H_{\text{п}} = H_{\text{о.бщ}} - H_{\text{р}} = 4 - 0,8 = 3,2(\text{м})$   $H_{\text{п}} = H_{\text{о.бщ}} - H_{\text{р}} = 4 - 0,8 = 3,2(\text{м})$ .

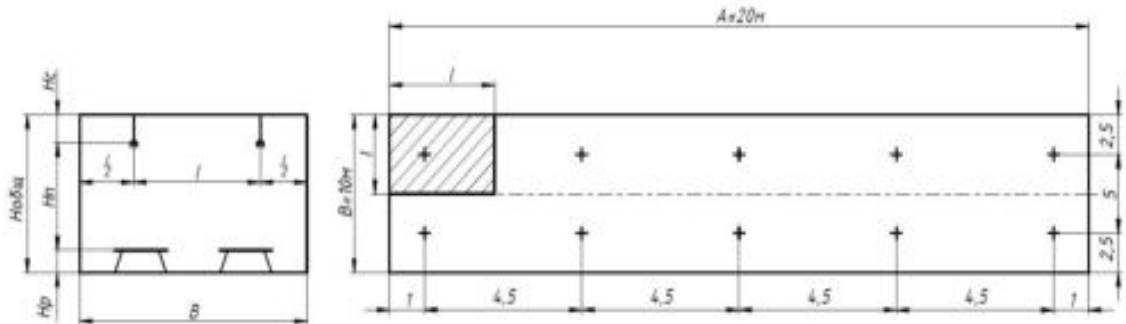


Рисунок 6.1 – Схема розташування світильників

Кількість світильників:

$$N = \frac{AB}{l^2} = \frac{20 \times 10}{4,5^2} = 10 \text{ шт} \quad N = \frac{AB}{l^2} = \frac{20 \times 10}{4,5^2} = 10 \text{ шт}; \quad (6.4)$$

де  $l = (1,42 \times H_{\text{п}}) = (1,42 \times 3,2) = 4,5$  м – відстань між світильниками.

Розташовуємось в 2 ряди по 5 шт. в ряд (див. рис. 1)

Розраховуємо світовий потік лампи:

$$\Phi_{\text{р}} = \frac{400 \times 200 \times 1,15 \times 1,5}{10 \times 1 \times 0,64} = 2156 \quad \Phi_{\text{р}} = \frac{400 \times 200 \times 1,15 \times 1,5}{10 \times 1 \times 0,64} = 2156 \text{ лм}; \quad (6.5)$$

та обираємо лампу ARCTIC STANDARD 1200 TH EM 4600K, яка має значення світлового потоку  $\Phi_{\text{л}} = 2300$  лм. (Довідник Соколов А. І.).

Перевіряємо відхилення фактичного рівня освітленості:

$$E_{\Phi} = E_{н} \frac{\Phi_{л}}{\Phi_{р}} = 400 \times \frac{2156}{2300} = 400 \times 0,93 = 372 \text{ (лк)} \quad (6.6)$$

$$\Delta E = \frac{E_{\Phi} - E_{н}}{E_{н}} \times 100\% = \frac{372 - 400}{400} \times 100\% = -7\% ; \quad (6.7)$$

що лежить в межах  $-10\% \dots + 20\%$ , та відповідає нормативам перевищення рівня освітлення.

Сумарна потужність, що витрачається на освітлення дорівнює:

$$\sum P_{св} = P_{л} \times N \times n = 33 \times 10 \times 1 = 330 \text{ Вт.} \quad (6.8)$$

$P_{л} = 33 \text{ Вт}$  - потужність лампи ARCTIC STANDARD 1200 TH EM 4600K.

Розраховане загальне рівномірне штучне освітлення приміщення забезпечує можливість виконання робіт заданого розряду здорової людини.

6.6 Розрахунок загального електричного навантаження ліній, що живлять розетки та освітлення у приміщенні.

Розрахунок відбувається по формулі:

$$P_{р.р} = K_{с.р} \times P_{у.р} \times n = 1 \times 0,3 \times 7 = 2,1 \quad (6.9)$$

де  $K_{с.р}$  - розрахунковий коефіцієнт попиту, приймаємо 1 так як 1 розетка на 1 робоче місце;

$P_{у.р}$ - встановлена потужність розетки, приймаємо 0,3 кВт;

$n$  - число розеток, так як 7 робочих місць то приймаємо 7 розеток.

$$P_{p.p} = 1 \times 0.3 \times 7 = 2.1 \text{ кВт}; \quad (6.10)$$

Електричне навантаження ліній, що живить розетки дорівнює 2.1 кВт.

Додамо навантаження лінії, що живлять освітлення приміщення 330 Вт:

$$N = P_{p.p} + P_{св} = 2100 + 330 = 243$$

$$N = P_{p.p} + P_{св} = 2100 + 330 = 2.43 \text{ кВт}; \quad (6.11)$$

Розраховано загальне електричне навантаження лінії, які живлять розетки та освітлення у приміщенні, дорівнює 2.43 кВт , що забезпечує можливість виконання робіт.

## ВИСНОВКИ

- 1) Основні експлуатаційні властивості автомобіля в поєднанні з умовами експлуатації впливають на ефективність використання транспортного засобу, що може підвищувати або знижувати споживчу привабливість
- 2) Аналіз можливих комплектацій автомобілів, які пропонують заводи-виробники, дозволяють підбирати модель автомобіля з найкращими експлуатаційними характеристиками тих чи інших умов експлуатації.
- 3) Математична модель визначення динамічних властивостей автомобілів дозволяє отримати зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, визначити режими навантаження трансмісії, визначити показники розгону, визначити тягово-швидкісні властивості та отримати баланс потужності автомобіля.
- 4) За математичною моделлю були виконані розрахунки автомобіля Mercedes Benz W213 для різних комплектацій: с двигунами M274, M177, OM656, OM654.
- 5) Порівняльний аналіз результатів математичного моделювання різних комплектацій можливо використовувати для оцінки ефективності та споживчої привабливості автомобілів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алекса М.М. Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів в прикладах і завданнях / М.М. Алекса, Алексеєнко В.М., Гредескул А.Б. Учеб. посіб. - К .: УМК ВО, 1990. - 100 с.
2. Проектування трансмісій автомобілів: Довідник / Під ред. А. І. Грішкевіча. – М .: Машинобудування, 1984.
3. Шепеленко І.Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Робочі процеси автомобілів і тракторів» / І.Г Шепеленко, Красюк О.М., Леонтьєв Д.М. – ХНАДУ, 2013. – 31с.
4. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине “Автотранспортные средства” (Раздел “Определение основных параметров проектируемого автотранспорта средства (Автомобили)”) для студентов специальности 15.05 составители: Н.Н. Алекса, А.С. Федосов. – Харьков: ХАДИ, 1991. – 32 с., ил.
5. Методичні вказівки з дипломного проектування для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» // Укладачі: В.М.Алексеєнко С.Й.Ломака С.М.Шуклінов М.Ю.Залогін – ХНАДУ, 2018. -65с.
6. Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1983. – 220 с., ил., табл. – (Гос. науч.-исслед. ин-т автом. трансп.).
7. Салов А.И. «Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта (практические расчеты)». Под ред. А.И. Салова. – М.: Транспорт, 1977.
8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.-1. – 5-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 1978. – 728 с., ил.

ДОДАТОК

Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Автомобільний факультет  
Кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. Говорущенко М.Я.

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ  
магістра

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОВОГО  
АВТОМОБІЛЯ З РІЗНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ТА ТИПАМИ ДВИГУНІВ**

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



Володимир ВОЛКОВ

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент



Ігор МАРМУТ

Керівник, канд. техн. наук, доцент



Сергій КРИВОШАПОВ

Студент гр. А-61-23



Юрій АЛЕКСАНДРОВ

**Мета дослідження** – удосконалення методів з оцінки експлуатаційних характеристик автомобілів, що дозволяє отримувати діагностичні параметри, необхідні для оцінки технічного стану транспортного засобу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати фактори, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля;
- проаналізувати можливі комплектації автомобілів: за типом палива, двигуна, трансмісії та ходової частини;
- побудувати математичну модель для визначення динамічних властивостей автомобілів з різними типами двигунів і трансмісій.
- провести розрахунки за математичної моделлю динамічних властивостей для деяких модифікацій однієї марки автомобілів.

**Об'єкт дослідження.** Процес зміни експлуатаційних властивості автомобіля залежно від технічних характеристик різних комплектацій двигуна та трансмісії.

**Методи дослідження.** У роботі використані теоретичні методи математичного моделювання та, рішення і аналізу законів механіки.

# АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

3

Основні експлуатаційні властивості автомобіля	Фактори експлуатаційної властивості
<ul style="list-style-type: none"><li>• тягово-швидкісна ефективність;</li><li>• гальмівна ефективність;</li><li>• паливна економічність;</li><li>• керованість та стійкість руху;</li><li>• прохідність;</li><li>• плавність ходу.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• основних параметрів автомобіля;</li><li>• особливостей роб. процесів його агрегатів;</li><li>• технічного стану агрегатів.</li></ul>

Рисунок 1 – Категорії основних експлуатаційних властивостей та їх фактори



### Mercedes Benz W213

Роки випуску: з 2016-2024

Бізнес клас

Рестайлінг відбувся в 2020 році

Випускається в кузові седан,  
універсал, купе,  
кабриолет.

Пропонується з багатьма варіантами  
двигунів (на старті продажів на вибір  
було 3 дизельні та 4 бензинові версії)

Конкуренти в тому ж класі: Audi A6;  
BMW F10; Lexus ES.





Рисунок 2 – Бензиновий двигун M274 DES 20 AL



Рисунок 3 – Дизельний двигун OM656 D 29 SCR



Рисунок 4 – Бензиновий двигун M177 DE 40 AL

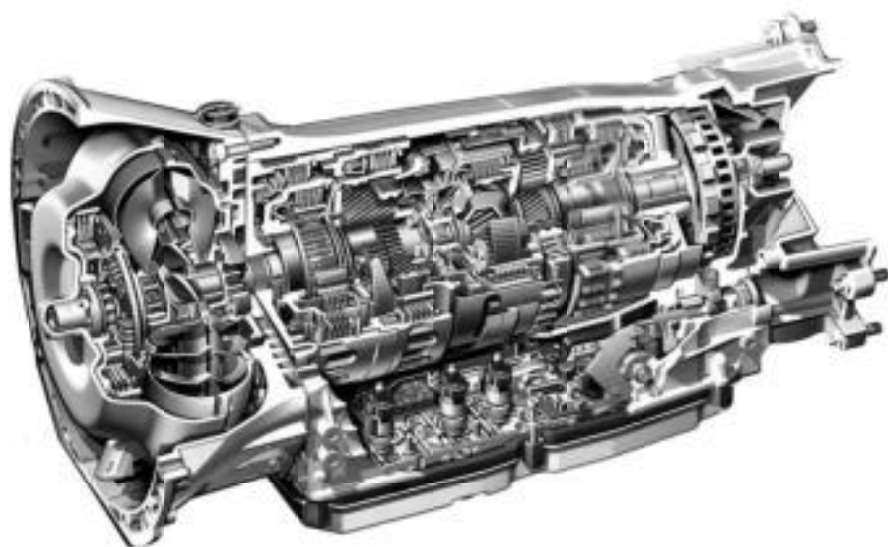


Рисунок 5 – Минуле покоління 7G-Tronic

- Випускалася з 2003 по 2013 роки
- Максимальний крутний момент: до 735 Н\*м
- КПД складає 85%

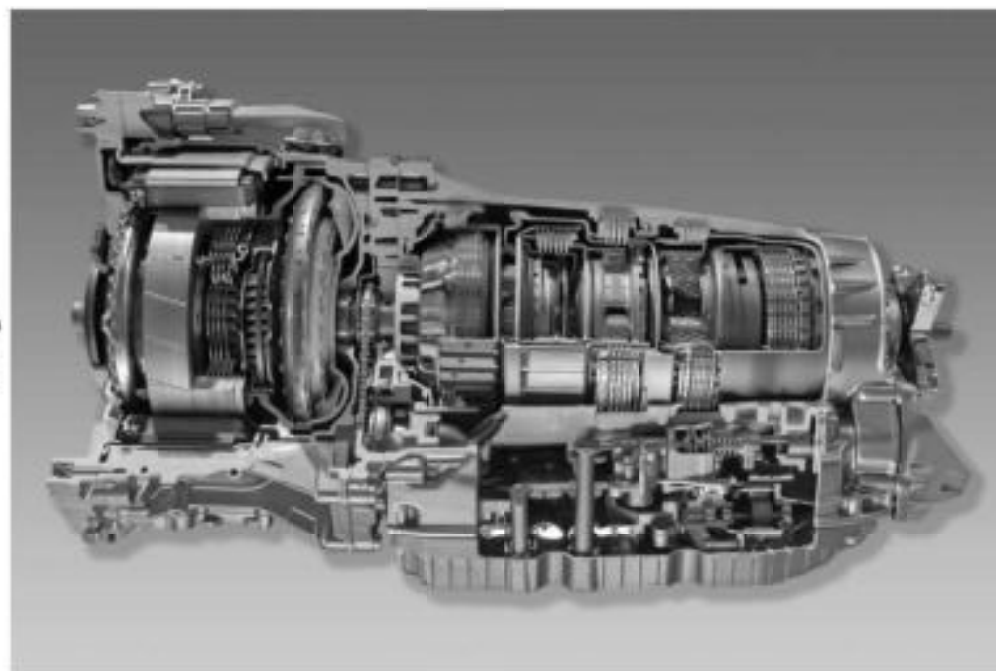


Рисунок 6 – Сучасна АКПП 9G Tronic

- Випускається з 2013-го року
- Максимальний крутний момент: до 1000 Н\*м
- КПД складає 92%

# ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ КОМПЛЕКТАЦІЙ АВТОМОБІЛЯ

7

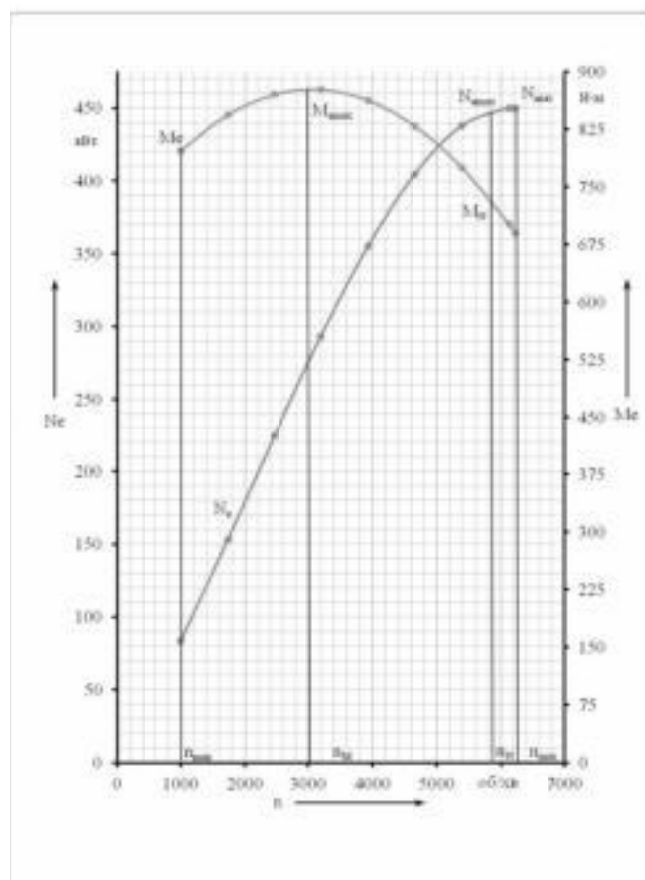
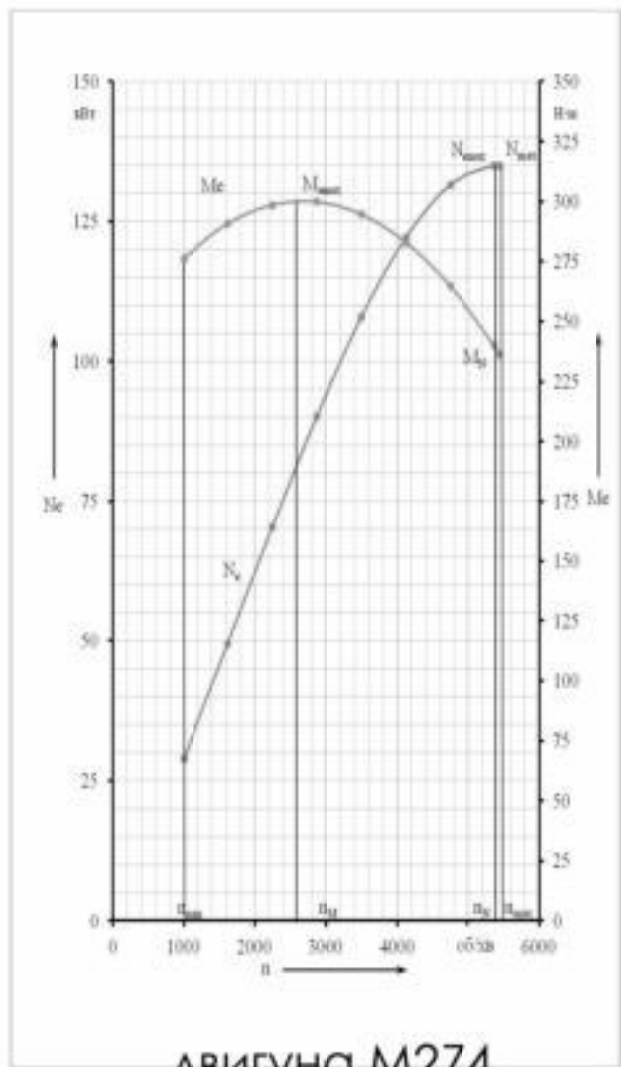
Параметри	Характеристики комплектації Mercedes-Benz W213			
	M274	M177	OM654	OM656
Вид автомобіля	Легковий			
Компоновочна схема	4x2	4x2	4x2	4x2
Число місць для пасажирів	4	4	4	4
Споряджена маса $m_0$	1575	1955	1680	1905
Повна маса $m_a$	2215	2525	2320	2545
Максимальна швидкість $V_{max}$ , км/год	224	300	224	250
Час розгону з місця до 100 км/год	8,1	3,5	8,4	4,9
Двигун	бензиновий	бензиновий	дизельний	дизельний
Робочий об'єм $V_p$ , л	2	4	2	3
Наявність обмежувача частоти обертання двигуна	Встановлений	Встановлений	Встановлений	Встановлений
Максимальна потужність двигуна $N_{max}$ , кВт	135	450	110	210
Частота обертання двигуна при максимальній потужності $n_N$	5500	5750-6500	3200-4800	3600-4600
Максимальний крутний момент $M_{max}$ , Н·м	300	850	360	600
Частота обертання двигуна при максимальному крутному моменті $n_M$	1200-4000	2500-4500	1400-2800	1200-3200
Зчеплення	однодискове	мультизчеплення	однодискове	однодискове

## ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ КОМПЛЕКТАЦІЙ АВТОМОБІЛЯ

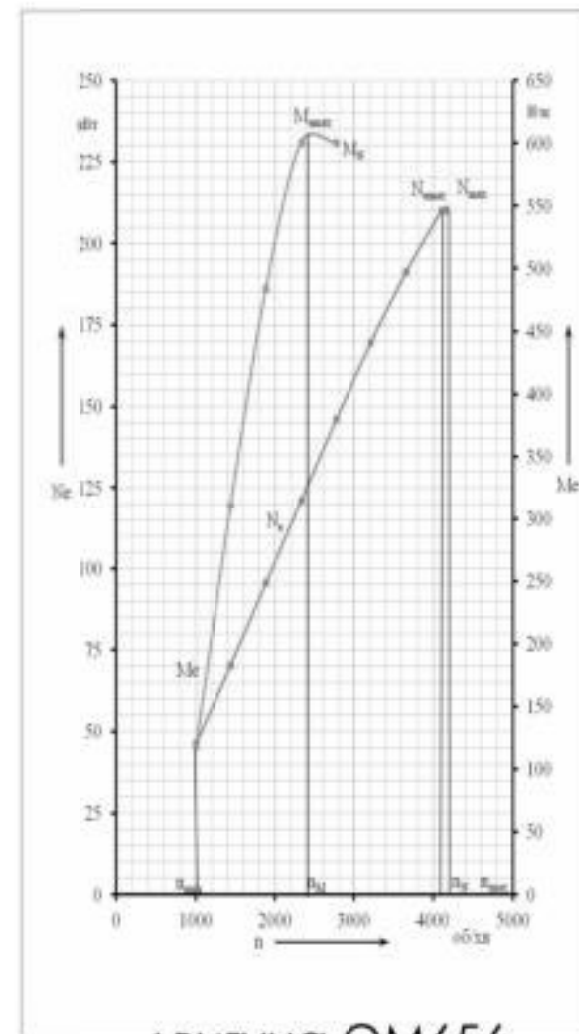
8

Коробка передач	АКПП	АКПП	АКПП	АКПП
Передаточні числа коробки передач				
Uk1	5.5	5.5	5.5	5.5
Uk2	3.33	3.33	3.33	3.33
Uk3	2.31	2.31	2.31	2.31
Uk4	1.66	1.66	1.66	1.66
Uk5	1.21	1.21	1.21	1.21
Uk6	1	1	1	1
Uk7	0.87	0.87	0.87	0.87
Uk8	0.72	0.72	0.72	0.72
Uk9	0.6	0.6	0.6	0.6
Uk0	3,06	3,06	3,06	3,06
Число осей	2x1	2x1	2x1	2x1
Маркування шин	205/65/R16	295/30/R20	205/65/R16	245/45/R18
Статичний радіус колеса $r_s$ , м	0,426	0,426	0,426	0,426
Габаритна висота, $H$ , м	1,468	1,468	1,468	1,468
База, $L$ , м	2,939	2,939	2,939	2,939
Коля передніх коліс, $B$ , м	1,619	1,646	1,619	1,619
Коефіцієнт супротиву повітря $k$ ,	0,23	0,23	0,23	0,23
Коефіцієнт корисної дії $\eta$	0,91	0,91	0,91	0,91

# ЗОВНІШНЯ ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА



**двигуна М177**



**двигуна OM656**

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

10

Визначення зовнішньої швидкісної  
характеристики двигуна

$$N_e = N_{e \max} \cdot \left[ A_1 \cdot \frac{n}{n_N} + A_2 \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 - A_3 \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^3 \right]$$

$$M(n) = 9550 \cdot \frac{N_e(n)}{n}$$

Визначення режимів навантаження трансмісії

$$M_{T1} = M_{e \max}$$

$$M_{T2} = M_{T1} = M_{T1} \cdot U_{k1}$$

$$M_{T3} = M_{T2} \cdot U_{kcp}$$

$$M_{T4} = \frac{M_{T3}}{2} \cdot (1 + K_y)$$

$$M_1 = \frac{R_{z2p} \cdot \varphi_x \cdot r_k}{2}$$

$$M_{2,3} = R_{z2p} \cdot \varphi_x \cdot r_k$$

$$M_{1,2} = M_{e \max} \cdot K_d$$

$$K_d = \frac{G_a}{M_{e \max} \cdot 100}$$

$$M_{5,6} = M_{e \max} \cdot K_d \cdot U_{k1} \cdot U_{k0}$$

$$M_{5,6} = M_{e \max} \cdot K_d \cdot U_{k1} \cdot U_{k0} \cdot (1 + U_{k0})$$

Побудова динамічної характеристики  
автомобіля

$$v_{(t,n)} = 0,377 \cdot n \cdot \frac{r_k}{U_l \cdot U_0}$$

$$P_k = \frac{M(n) \cdot U_l \cdot U_0 \cdot \eta_{mp}}{r_k}$$

$$P_w = k \cdot F \cdot \frac{V^2}{12,96}$$

$$D_i = \frac{P_{vi} - P_w}{m_a \cdot g}$$

Показники розгону автомобіля

$$j = (D - \psi) \cdot \frac{g}{\delta}$$

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (j_1 + j_2)$$

$$V_k = V_n + j_{cp} \cdot \Delta t$$

$$D_n = \frac{P_{k0} - P_{B0}}{G_a} = \frac{P_{B0}}{G_a}$$

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (V_n + V_k)$$

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Таблиця 5.1 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна M274

Параметри	Значення параметрів								
	1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
n, об/хв	1000	1624	2249	2873	3497	4121	4746	5370	5455
n/nN	0,186	0,302	0,419	0,535	0,651	0,767	0,884	1,000	1,016
(n/nN) <sup>2</sup>	0,035	0,091	0,175	0,286	0,424	0,589	0,781	1,000	1,032
(n/nN) <sup>3</sup>	0,006	0,028	0,073	0,153	0,276	0,452	0,690	1,000	1,048
Сума коеф.	0,214	0,366	0,521	0,668	0,799	0,904	0,975	1,000	0,999
Ne, кВт	29	49	70	90	108	122	132	135	135
Me, Н·м	276	291	299	300	295	283	265	240	236

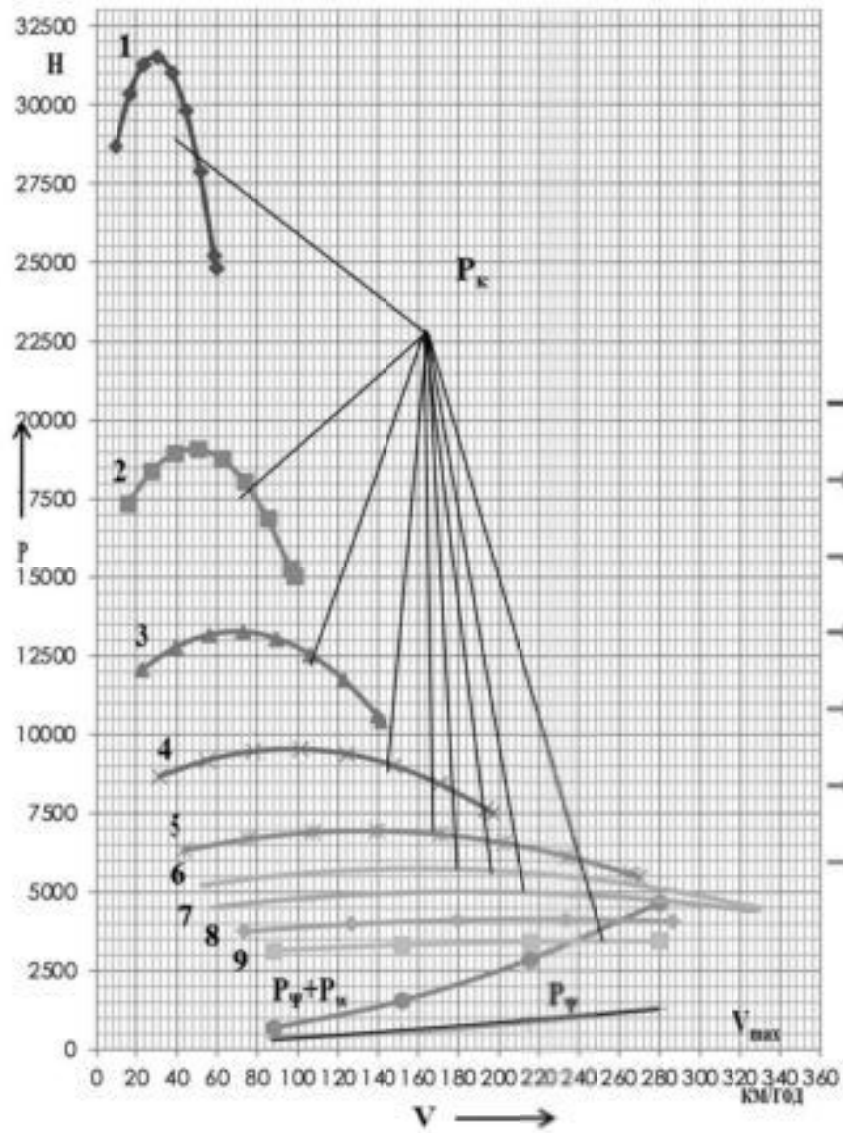
Таблиця 5.2 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна M177

Параметри	Значення параметрів								
	1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
n, об/хв	1000	1732	2464	3196	3929	4661	5393	6125	6222
n/nN	0,163	0,283	0,402	0,522	0,641	0,761	0,880	1	1,016
(n/nN) <sup>2</sup>	0,027	0,080	0,162	0,272	0,411	0,579	0,775	1	1,032
(n/nN) <sup>3</sup>	0,004	0,023	0,065	0,142	0,264	0,441	0,683	1	1,048
Сума коеф.	0,186	0,340	0,499	0,652	0,789	0,899	0,973	1	0,999
Ne, кВт	84	153	225	293	355	405	438	450	450
Me, Н·м	797	844	870	877	863	829	775	702	690

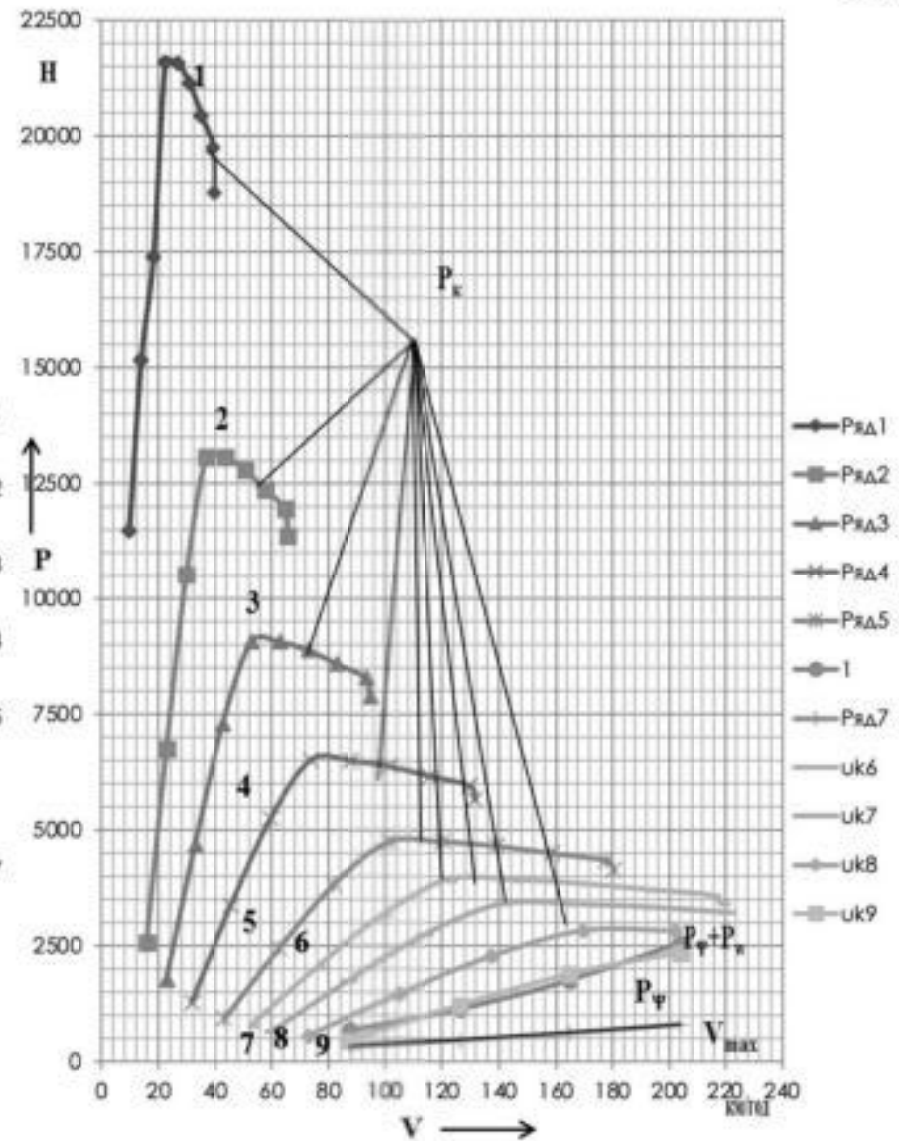
Таблиця 5.3 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна OM656

Параметри	Значення параметрів								
	1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
n, об/хв	1000	1443	1886	2329	2771	3214	3657	4100	4165
n/nN	0,244	0,352	0,460	0,568	0,676	0,784	0,892	1	1,016
(n/nN) <sup>2</sup>	0,059	0,124	0,212	0,323	0,457	0,615	0,796	1	1,032
(n/nN) <sup>3</sup>	0,015	0,044	0,097	0,183	0,309	0,482	0,710	1	1,048
Сума коеф.	0,441	0,670	0,910	1,153	1,390	1,616	1,822	2	2,023
Ne, кВт	46	70	96	121	146	170	191	210	210
Me, Н·м	118	310	484	600	600	588	569	549	522

# Силовий баланс автомобіля

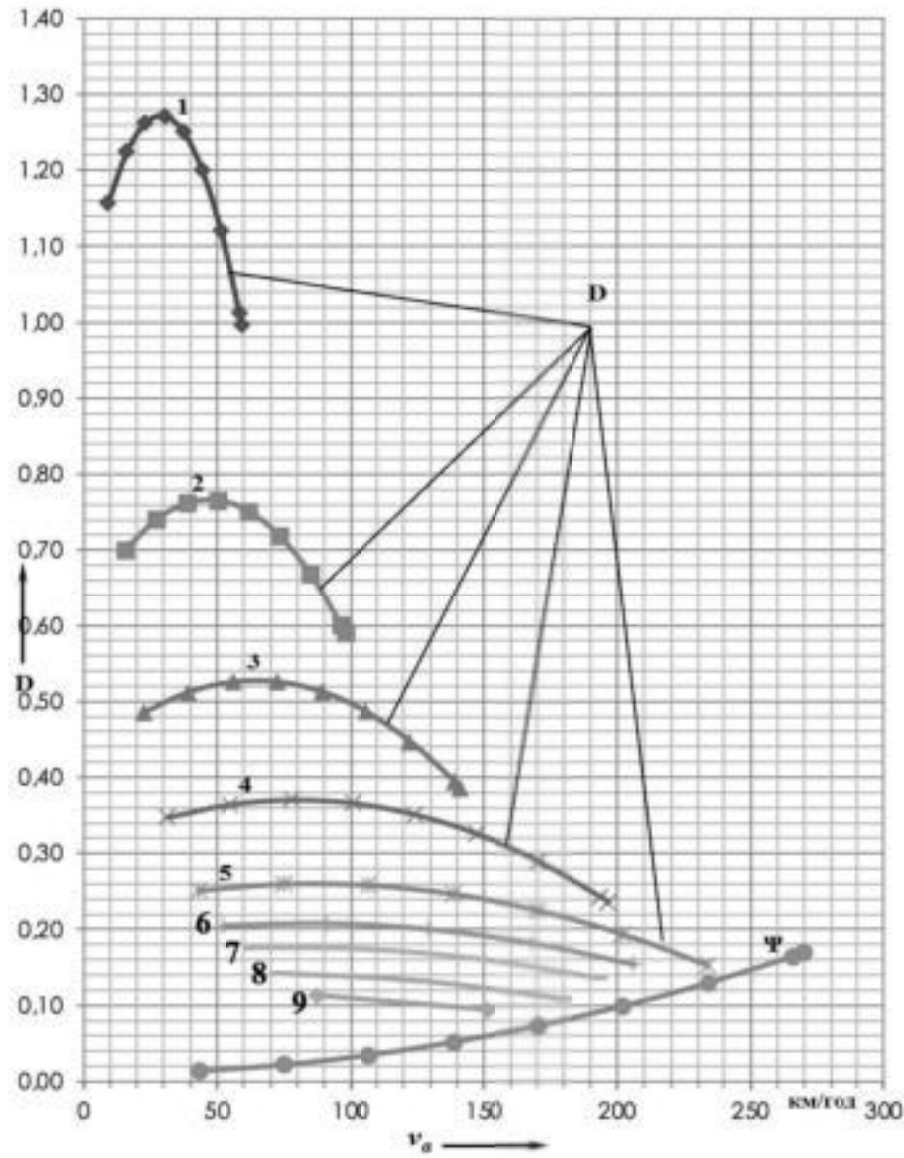


для бензинового двигуна М177

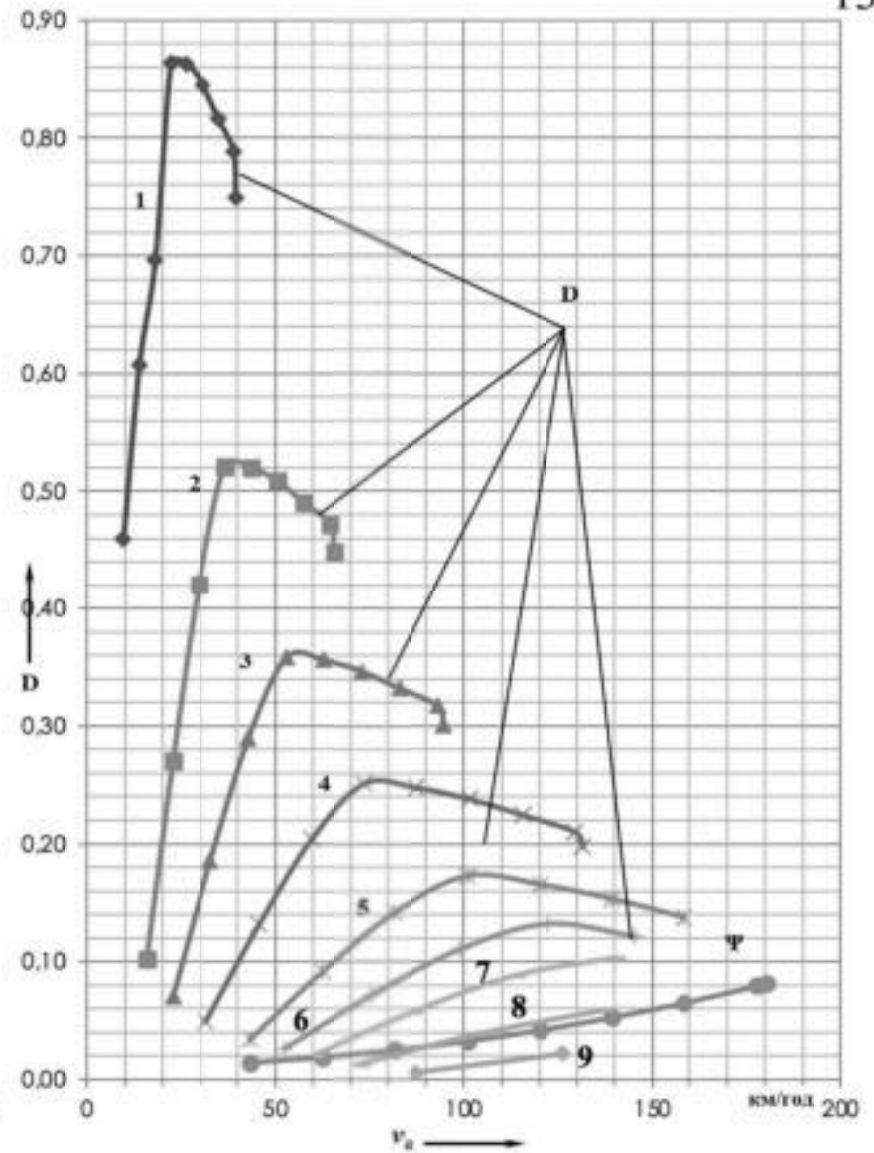


для дизельного двигуна OM656

# Динамічна характеристика двигуна



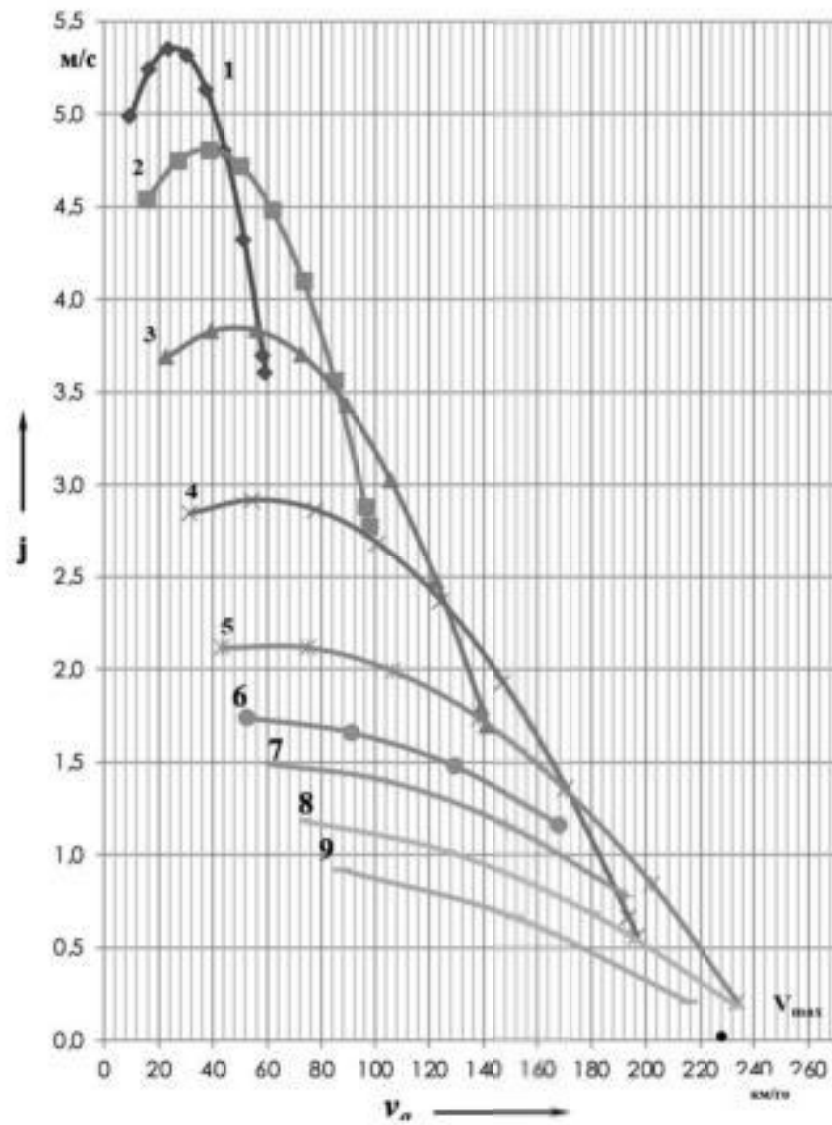
для бензинового двигуна M177



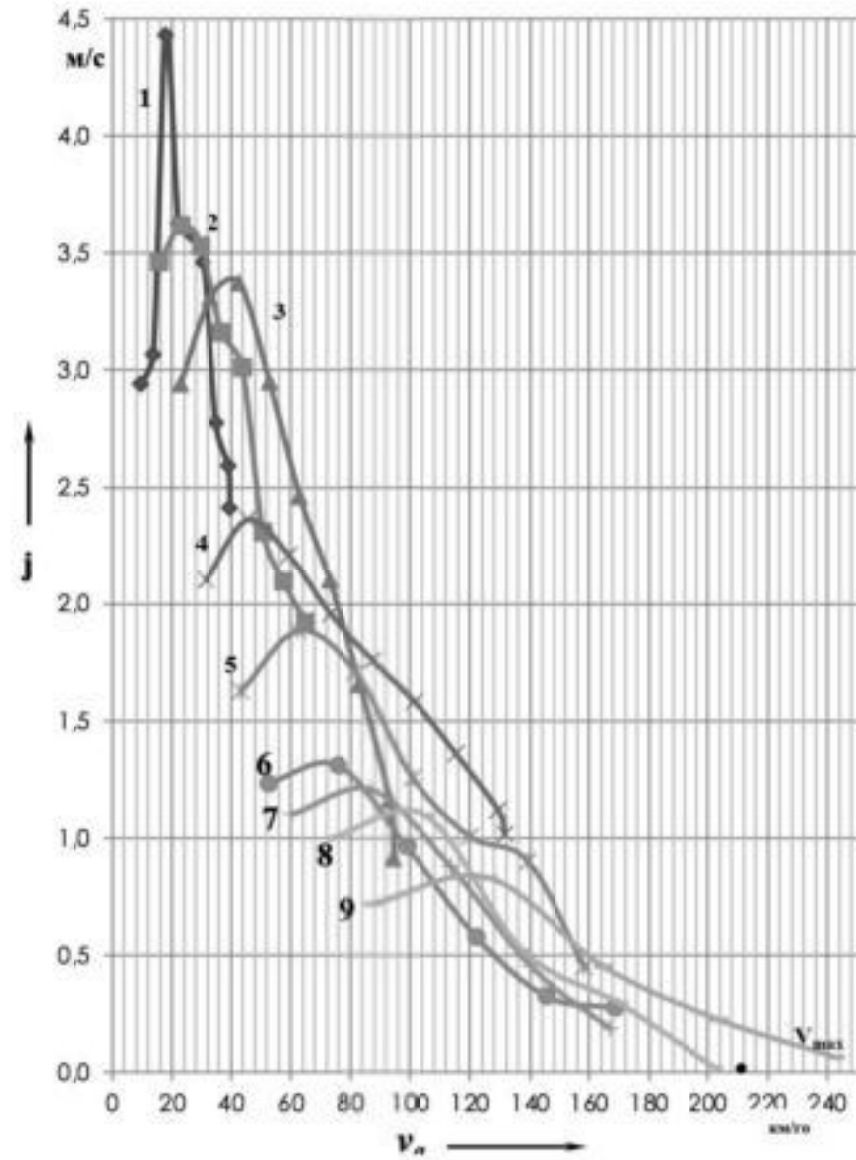
для дизельного двигуна OM656



# Графік прискорень автомобіля

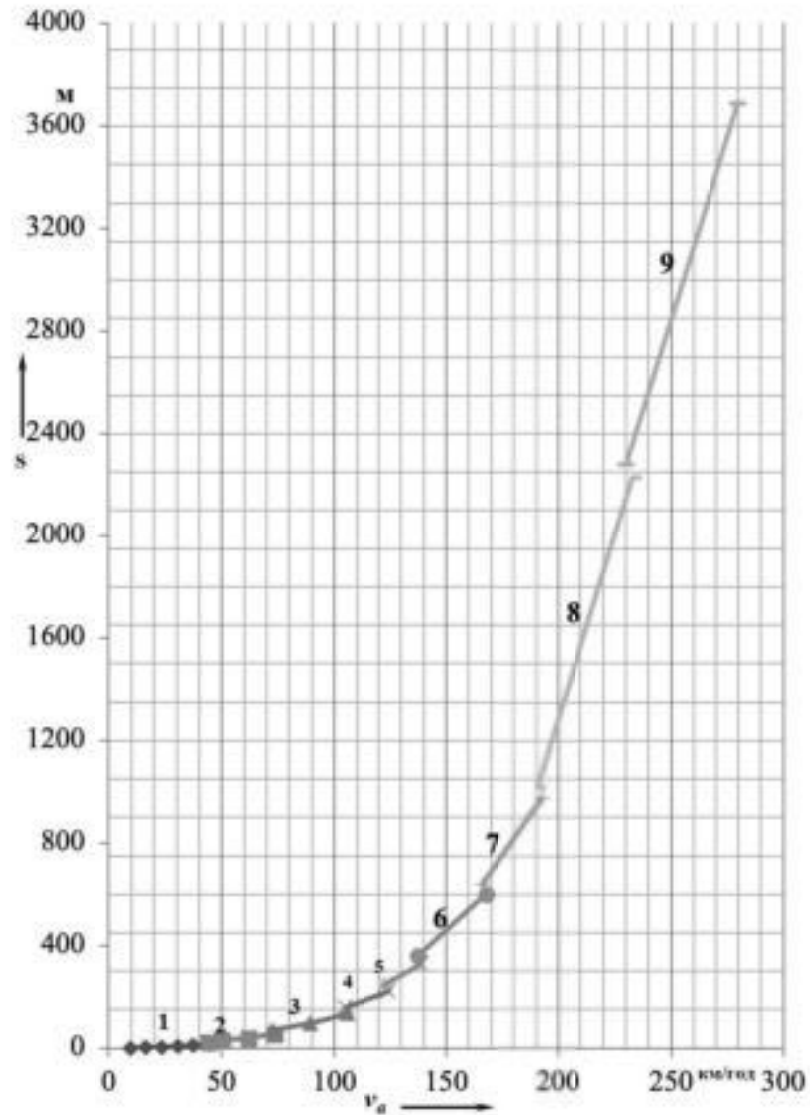


для бензинового двигуна M177

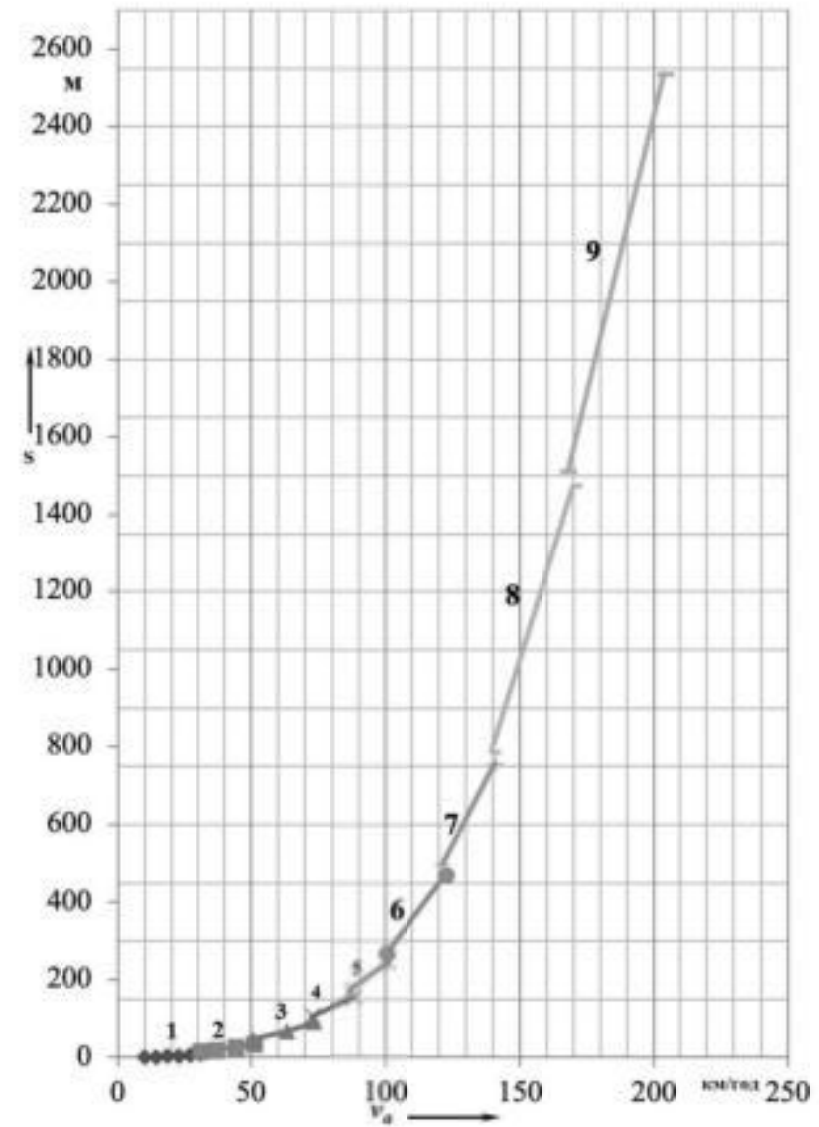


для дизельного двигуна OM656

# Графік шляху розгону

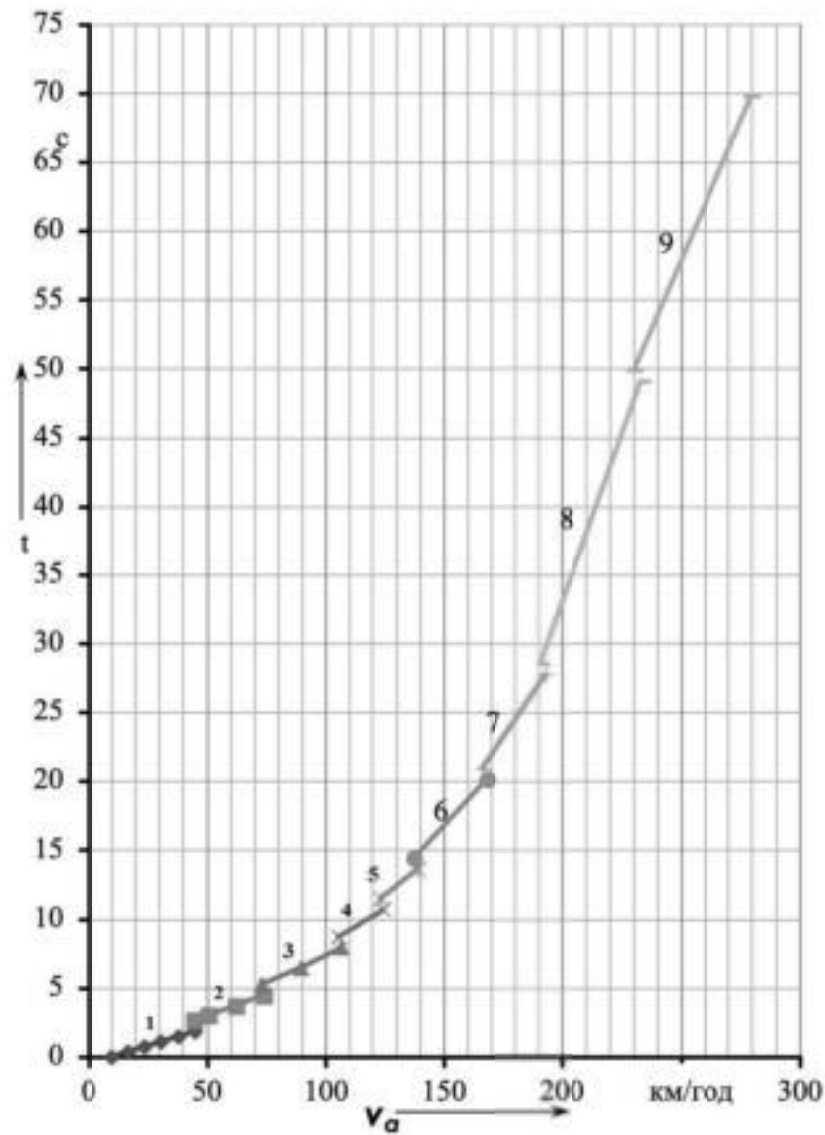


для бензинового двигуна М177

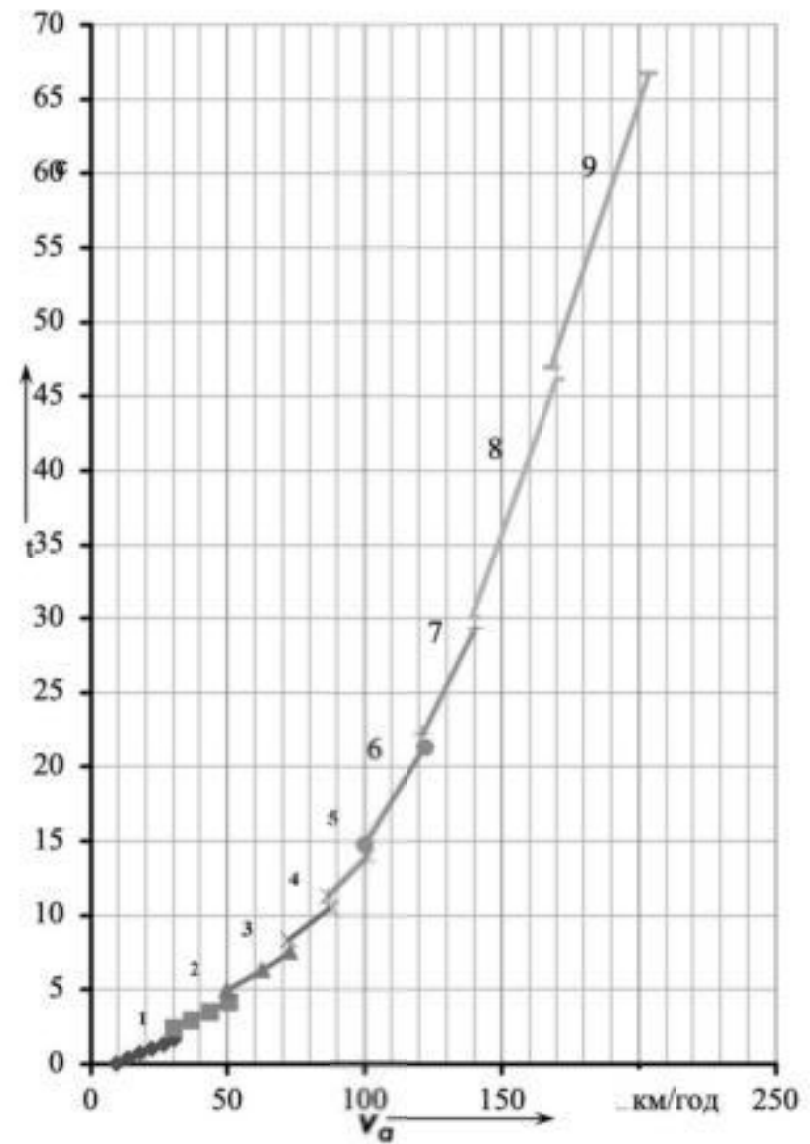


для дизельного двигуна OM656

# Графік часу розгону автомобіля

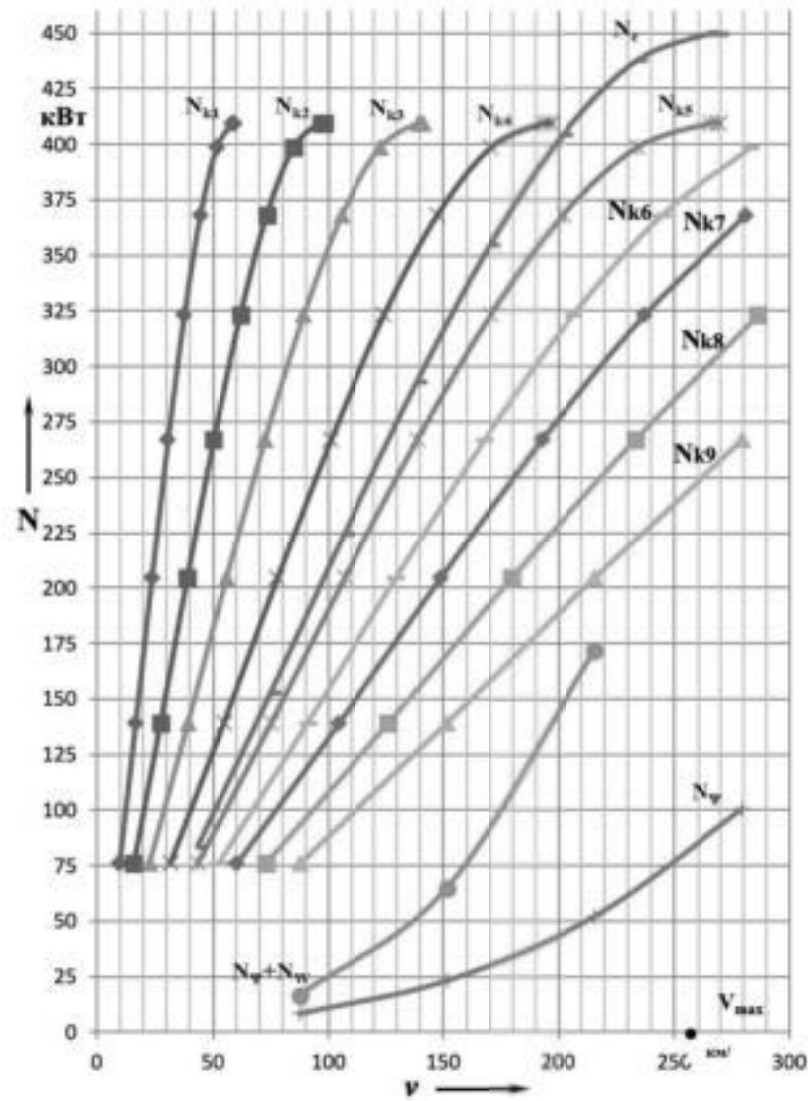


для бензинового двигуна M177

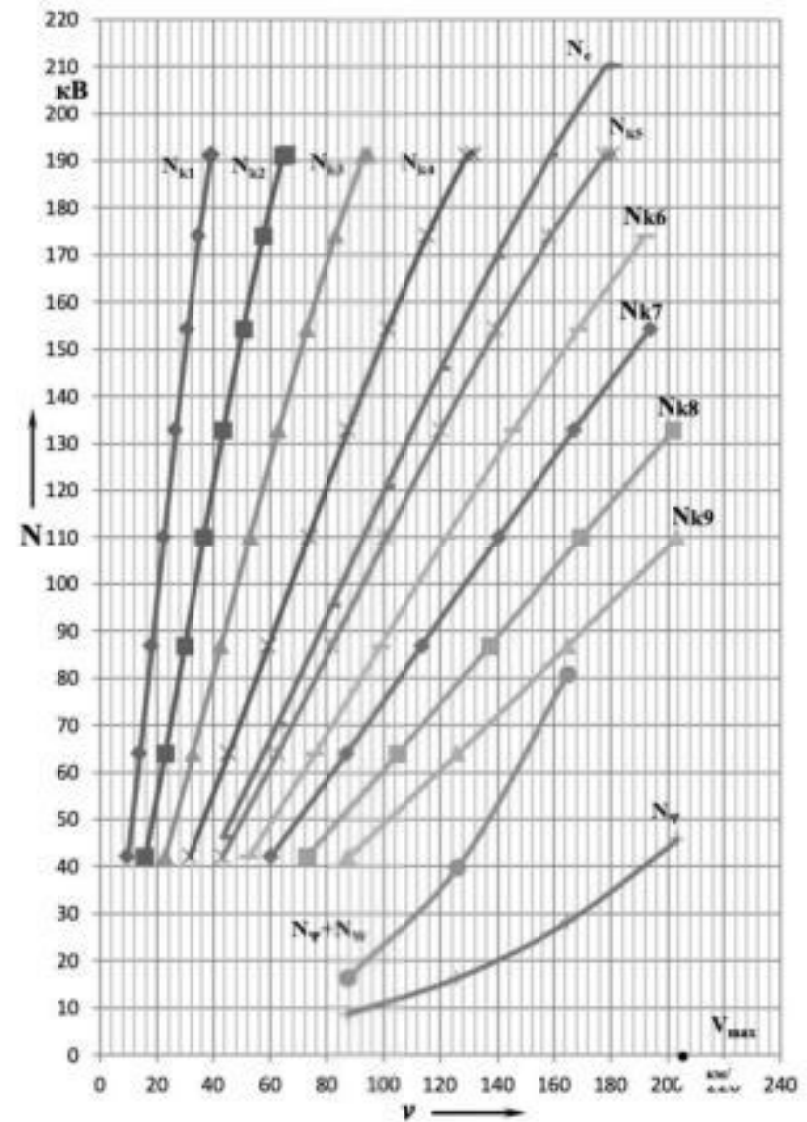


для дизельного двигуна OM656

# Графік балансу потужності



для бензинового двигуна М177



для дизельного двигуна OM656

- 1) Основні експлуатаційні властивості автомобіля в поєднанні з умовами експлуатації впливають на ефективність використання транспортного засобу, що може підвищувати або знижувати споживчу привабливість.
- 2) Аналіз можливих комплектацій автомобілів, які пропонують заводи-виробники, дозволяють підбирати модель автомобіля з найкращими експлуатаційними характеристиками тих чи інших умов експлуатації.
- 3) Математична модель визначення динамічних властивостей автомобілів дозволяє отримати зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, визначити режими навантаження трансмісії, визначити показники розгону, визначити тягово-швидкісні властивості та отримати баланс потужності автомобіля.
- 4) За математичною моделлю були виконані розрахунки автомобіля Mercedes Benz W213 для різних комплектацій: с двигунами M274, M177, OM656, OM654.
- 5) Порівняльний аналіз результатів математичного моделювання різних комплектацій можливо використовувати для оцінки ефективності та споживчої привабливості автомобілів.