

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
бакалавр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

на тему: **«Удосконалення конструкції автомобіля швидкої допомоги з
розробкою гальмівного механізму задніх коліс»**

Виконав: студент групи ЗАГК – 23

Ростислав ШУШКЕВИЧ

Керівник:

Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ

Завідувач кафедри:

Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:

І. Вітюк Іван Вітюк

Житомир – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра: автомобілів і транспортних технологій
Освітній ступінь: «бакалавр»
Галузь знань: 27 «Транспорт»
Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТТ
Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

« 17 » 02 2025р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня бакалавр
Шушкевича Ростислава Аркадійовича

1.Тема роботи: «Обґрунтування компонування автомобіля швидкої допомоги з розробкою гальмівного механізму задніх коліс» затверджена наказом вищого навчального закладу від «29» травня 2025 року № 213/с

Керівник роботи: Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ

2. Строк подання студентом завершеної роботи 09.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: нормативно-правові документи, результати спостережень, наукові літературні джерела.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Основні етапи створення та розвитку автомобілів швидкої допомоги параметрів військових автомобілів. 2. Загальні вимоги до автомобіля, вагових та геометричних параметрів автомобіля. 3. Обґрунтування вимог до конструкції автомобіля швидкої допомоги. 4. Розробка конструкції гальмівного механізму задніх коліс. Загальні висновки та рекомендації. Список використаних джерел.

5. Пояснювально - роздавальний матеріал (презентація) – 11 слайдів.

Дата видачі завдання « 17 » 02 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Дослідження літературних джерел та робіт щодо вимог та характеристик транспортних засобів швидкої допомоги	17.02.2025	виконано
2.	Аналіз автомобілів прототипів та визначення вихідних даних для подальшого розрахунку.	24.02.2025	виконано
3.	Розрахунок експлуатаційних властивостей проектного автомобіля.	08.03.2025	виконано
4.	Обґрунтування основних вимог до конструкції проектного автомобіля	22.03.2025	виконано
5.	Вибір та обґрунтування компоувальної схеми проектного автомобіля	05.04.2025	виконано
6.	Проектування гальмівного механізму задніх коліс проектного автомобіля	19.04.2025	виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки	15.05.2025	виконано
8.	Рецензування	08.06.2025	виконано
9.	Захист	10-27.06.2025	виконано

Студент

Ростислав ШУШКЕВИЧ

Керівник роботи

Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційної роботи Шушкевича Ростислава Аркадійовича на тему:
«Обґрунтування компонування автомобіля швидкої допомоги з розробкою
гальмівного механізму задніх коліс».

Робота складається з пояснювальної записки на 60 аркушах та п'яти креслень формату А1.

Пояснювальна записка включає вступ та п'ять розділів. Бібліографічний список налічує дванадцять назв.

У першому розділі представлена історична довідка щодо історії створення і розвитку автомобілів швидкої допомоги в Україні і світі.

Другий розділ присвячено аналізу вимог до військових автомобілів швидкої допомоги. Розглянуто загальні вимоги до автомобілів швидкої допомоги. Проаналізовано вагові та геометричні параметри автомобілів швидкої допомоги, наведено їх класифікацію.

У третьому розділі проведено розрахунки основних характеристик та експлуатаційних властивостей автомобіля, що пропонується.

У четвертому розділі обґрунтовано вимоги щодо конструкції військових автомобілів швидкої допомоги. Розглянуто відомі компонувальні схеми автомобілів швидкої допомоги.

У четвертому розділі проведено проектування гальмівного механізму задніх коліс. Визначено його основні характеристики та розміри основних деталей.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Основні етапи створення та розвитку автомобілів швидкої допомоги параметрів військових автомобілів	8
1.1. Історія розвитку екстреної медичної допомоги	8
1.2. Історія швидкої допомоги в Україні	13
2. Загальні вимоги до автомобіля, вагових та геометричних параметрів автомобіля.	15
2.1. Основні вимоги до військового автомобіля швидкої допомоги	15
2.2. Вагові та геометричні параметри	17
2.3. Класифікація автомобілів швидкої допомоги	18
3. Характеристики та експлуатаційні властивості автомобіля	24
4. Обґрунтування вимог до конструкції автомобіля швидкої допомоги	50
4.1. Компонувальні схеми автомобілів швидкої допомоги	50
5. Розробка конструкції гальмівного механізму задніх коліс	55
Висновки	59
Список використаної літератури	60

Вступ

Розвиток системи екстреної медичної допомоги є одним із ключових напрямів удосконалення охорони здоров'я. Автомобілі швидкої допомоги відіграють важливу роль у своєчасному наданні невідкладної медичної допомоги та транспортуванні пацієнтів до лікувальних закладів. Однією з важливих підкатегорій таких транспортних засобів є автомобілі швидкої допомоги підкатегорії SC, які призначені для спеціалізованих медичних завдань і потребують ретельного обґрунтування компоновальних рішень.

Компонування автомобіля швидкої допомоги визначає ефективність його експлуатації, зручність роботи медичного персоналу, можливість швидкого доступу до пацієнтів та необхідного обладнання. Важливими факторами є раціональне розташування медичного устаткування, ергономічність салону, забезпечення умов для надання невідкладної допомоги та відповідність сучасним стандартам безпеки. Крім того, важливо враховувати особливості медичного транспорту, такі як рівень комфорту пацієнта, рівномірність розподілу простору для персоналу та можливість адаптації салону під конкретні завдання.

У зв'язку зі зростаючими вимогами до медичного транспорту, автомобілі швидкої допомоги підкатегорії SC мають відповідати високим стандартам якості, безпеки та функціональності. Важливим аспектом є також відповідність транспортного засобу сучасним технологічним досягненням, які можуть включати автоматизовані системи контролю життєво важливих показників, телемедичні рішення, покращену систему вентиляції та кондиціонування повітря, а також сучасні системи навігації та зв'язку.

Метою даної дипломної роботи є обґрунтування оптимального компонування автомобіля швидкої допомоги підкатегорії SC. Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати існуючі компоновальні рішення, визначити їх переваги та недоліки, розробити власні пропозиції щодо покращення функціональності та ергономіки автомобіля. Особливу увагу буде приділено аналізу вимог медичного персоналу до робочого простору, можливостям зручного

та безпечного транспортування пацієнтів, а також ефективному розміщенню всіх необхідних елементів медичного обладнання.

В процесі дослідження буде проведено детальний аналіз вимог до автомобілів даної підкатегорії, зокрема міжнародних стандартів щодо організації робочого простору, ергономіки та безпеки. Розглянуто сучасні підходи до компонування автомобілів швидкої допомоги та визначено ключові параметри, які впливають на ефективність їх використання. Також будуть оцінені інноваційні технології, що можуть бути використані при проектуванні, такі як автономні джерела живлення, системи стабілізації для транспортування тяжкохворих пацієнтів, а також новітні методи санітарної обробки та стерилізації салону.

Результати цієї роботи сприятимуть підвищенню ефективності використання автомобілів швидкої допомоги підкатегорії SC, покращенню умов праці медичного персоналу та підвищенню якості надання екстреної медичної допомоги. Запропоновані компонувальні рішення дозволять оптимізувати використання простору всередині автомобіля, підвищити рівень безпеки пацієнтів і медичного персоналу, а також забезпечити відповідність сучасним вимогам експлуатації. Таким чином, результати дослідження матимуть практичну цінність для медичних установ, виробників спеціалізованого транспорту та служб екстреної медичної допомоги.

1. Основні етапи створення та розвитку автомобілів швидкої допомоги параметрів військових автомобілів

1.1. Історія розвитку екстреної медичної допомоги [7]

Історія швидкої допомоги починається в давнину, з використання візків для перевезення пацієнтів. Машини швидкої допомоги вперше були використані для екстреного транспортування в 1487 році іспанськими військами під час облоги Малаги католицькими монархами проти Емірату Гранада, а цивільні варіанти були введені в експлуатацію в 1830-х роках. Технологічний прогрес у 19-му та 20-му століттях призвів до появи сучасних автомобілів швидкої допомоги з автономним приводом.

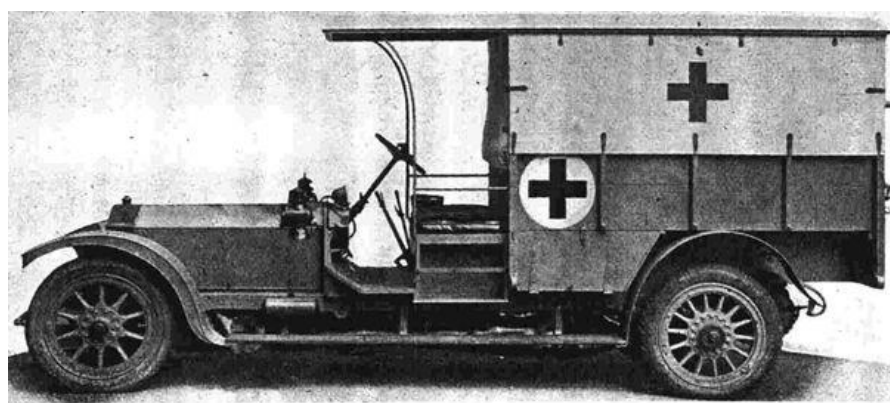
Успіхи в EMS були досягнуті під час громадянської війни в США. Військові лікарі Союзу Джозеф Барнс і Джонатан Леттерман створили нові техніки та методи транспортування. Вони подбали про те, щоб *кожен* полк мав принаймні один санітарний візок із двоколісною конструкцією, який вміщував двох-трьох пацієнтів. Ці машини швидкої допомоги, на жаль, виявилися надто легкими для поставленого завдання, і їх поступово зняли з експлуатації, щоб замінити їх машиною швидкої допомоги "Rucker", названою на честь генерал-майора Ракера, яка була чотириколісною конструкцією і була звичайним явищем на полі битв тієї війни.

Перша відома лікарняна служба швидкої допомоги була заснована в Комерційній лікарні, Цинциннаті, штат Огайо, у 1865 році. Невдовзі за нею з'явилися інші служби, зокрема служба в Нью-Йорку, яку надавав лікарня Белв'ю, Едвард Далтон, колишній хірург армії Союзу. , було доручено створити лікарню в нижній частині Нью-Йорка; він заснував службу швидкої допомоги, щоб доставляти пацієнтів до лікарні швидше та з більшим комфортом, послугу, яка розпочалася в 1869 році. Ці машини швидкої допомоги перевозили медичне обладнання, таке як шини, шлунковий насос, морфін і бренді. Далтон вважав, що

швидкість має суттєве значення, і спочатку коней тримали в упряжі в очікуванні виклику.

Першою машиною швидкої допомоги з бензиновим двигуном була Palliser Ambulance, представлена в 1905 році та названа на честь капітана Джона Паллізера з канадської міліції. Цей триколісний транспорт (один спереду, два ззаду) створювався для використання на полі бою під вогнем противника. Це був важкий тягач, обшитий куленепробивною сталлю. Ці сталеві щити відкривалися назовні, щоб забезпечити невелику зону захисту від вогню (дев'ять футів завширшки та 7 футів (2,1 м) заввишки) для персоналу швидкої допомоги, коли автомобіль стояв на місці.

Перша серійна автомобільна машина швидкої допомоги (а не одноразові моделі) була виготовлена в Сполучених Штатах у 1909 році компанією James Cunningham, Son & Company з Річестера, Нью-Йорк. виробник екіпажів і катафалків. Ця машина швидкої допомоги, яка отримала назву *Model 774 Automobile Ambulance*, мала фірмовий 4-циліндровий двигун потужністю 32 кінські сили (24 кВт). Шасі їздило на пневматичних шинах, а кузов мав електричне освітлення, підвісне ліжечко з двома сидіннями для супроводжуваних і боковий гонг.



ROLLS-ROYCE AMBULANCE FOR IMMEDIATE DELIVERY.

Рис. 1.1. Машини швидкої допомоги часів Першої світової війни 1915 року

Під час Першої світової війни Червоний Хрест привіз перші широко поширені машини швидкої допомоги для бойових дій на заміну кінним

транспортним засобам, зміна, яка була настільки успішною, що кінні варіанти були швидко виведені з експлуатації. У цивільній невідкладній допомозі спеціалізовані служби швидкої допомоги часто керувалися або відправлялися окремими лікарнями, хоча в деяких областях телеграфні та телефонні послуги дозволяли поліцейським департаментам виконувати диспетчерські обов'язки



Рис. 1.2. Швидка допомога часів Другої світової війни 1939 року

У більшості країн світу якість швидкої допомоги різко впала під час Другої світової війни, оскільки лікарів, необхідних збройним силам, витягли з машин швидкої допомоги. У Сполученому Королівстві під час Битви за Британію потреба в машинах швидкої допомоги була настільки великою, що фургони були конфісковані та введені в експлуатацію, часто перевозячи кількох постраждалих одночасно. Після війни лікарі продовжували їздити на машинах швидкої допомоги в деяких країнах, але не в інших. Інші транспортні засоби, включно з цивільними та поліцейськими, використовувалися для транспортування пацієнтів через відсутність спеціального ресурсу.

Під час Корейської війни військово-повітряні сили США виготовили кілька санітарних повітряних одиниць для використання в передових медичних підрозділах, використовуючи вертольоти для швидкої евакуації пацієнтів. Гелікоптер H-13 Sioux, який став відомим завдяки фільмам і телеверсіям *М*А*S*Н*, перевіз 18 000 поранених солдатів під час

конфлікту. Робота ескадрилій медичної повітряної евакуації мала успіх і була повторена військами США у В'єтнамі.



Рис. 1.3. Дизайн автомобіля швидкої допомоги 1970 року

Конструкція автомобіля швидкої допомоги зазнала серйозних змін у 1970-х роках. Були розроблені автомобілі швидкої допомоги з високим дахом, але шасі автомобіля виявилось нездатним прийняти вагу та інші вимоги нових стандартів; Замість цього слід використовувати шасі фургона. Ранні машини швидкої допомоги на базі мікроавтобусів виглядали дуже схожими на своїх цивільних побратимів, оскільки мали обмежену кількість обладнання екстреної допомоги, такого як звукові та візуальні попередження, а також внутрішні пристосування для транспортування медичного обладнання, особливо носилок.

Комітет з питань травми та Комітет з питань шоку Відділу медичних наук Національної академії наук Національної дослідницької ради опублікував перший документ у 1966 році під назвою «Випадкова смерть і інвалідність: занедбана хвороба сучасного суспільства». 37-сторінковий буклет, який зазвичай називають «Білою книгою», стосувався величезної та дорогої проблеми.

У «Білій книзі» зазначено, що в 1965 році нещасні випадки були головною причиною смерті людей віком від одного до 37 років і четвертою причиною смерті для всіх вікових груп. Для людей віком до 75 років аварії на автотранспорті були основною причиною смерті від нещасних випадків.

Однією з реакцій на ці факти стала розробка першої навчальної програми ЕМТ. Причиною, чому «домом» EMS стали Міністерство транспорту США та Національна адміністрація безпеки дорожнього руху, був непередбачений наслідок фінансування ранньої розробки навчального плану.

Незважаючи на задокументовані правила, деякі люди вважали, що в позалікарняних умовах можна зробити більше, включаючи розширене управління дихальними шляхами, доступ до судин і введення ліків. На початку 1970-х років це призвело до створення та впровадження навчальної програми «Технік-парамедик невідкладної допомоги» (ЕМТ-Р) з новаторською роботою Уолта Стоя, доктора філософії, та Ненсі Керолайн, доктора медичних наук, та інші в Пітсбурзі.

Перша навчальна програма ЕМТ-Р включала 400 годин чергувань у класі, лабораторії та клінічних закладах у різних лікарнях, а потім 100-годинну польову практику. У міру того, як догоспітальна розширена підтримка життєзабезпечення (ALS) набула популярності в системах і громадах, по всій країні з'явилося більше програм парамедицини.

До 1972 року очікування високого рівня медичної допомоги на вулицях і вдома американців зросли, що підігрівалося культовим телешоу *Emergency!*, який зображував фельдшерів, які надають медичну допомогу в просунутій манері, яку ніколи раніше не бачили, і яку тепер дивляться мільйони щосуботи ввечері. Понад п'ять років Америка спостерігала, як Джонні та Рой рятували життя та допомагали тим, хто потрапив у біду.

Багато чого змінилося з моменту початкового розвитку рівня практики ЕМТ-Р. Початкова навчальна програма ЕМТ-Р була оновлена в 1985 році та знову в 1998 році. 2000 EMS Education Agenda for the Future: A Systems Approach містила бачення 1996 EMS Agenda for the Future, а в 2009 році відбулися останні зміни в освіті парамедиків у форма Стандарту освіти. Освітні стандарти є менш директивними, ніж початкова навчальна програма. Це дозволяє фельдшерській освіті змінюватися відповідно до зміни практики. Це також вимагає від тих, хто

проводить парамедичні програми, щоб бути в курсі досягнень медицини та бути досвідченим у написанні навчального плану.

1.2. Історія швидкої допомоги в Україні [7, 8, 9]

Історія швидкої допомоги в Україні починається з Києва у 6 лютому 1881 року було створено «Гурток київських лікарів, з метою нічних чергувань», який було розташовано на Хрещатику в будівлі міської управи. Ідею запровадження нічних чергувань запропонував професор Юлій Мадон, голова Київського відділення Червоного Хреста і перший очільник Олександрівської лікарні. Головна мета пункту полягала в наданні філантропічної допомоги при нещасних випадках та травмах безоплатно, але за виїзд лікаря було необхідно сплатити. Ця структура працювала понад два десятиліття, але на початку XX століття вичерпала себе.

Першу Рятувальну станцію швидкої медичної допомоги відкрили у Києві 30 червня 1902 року на вулиці Пирогівській, 6. Пізніше її перенесли на Володимирську вулицю, 33, а 1913 року — на Рейтарську вулицю, 22. Ідею заснування станції запропонував громадський діяч К. Мадзолевський, він взяв за основу досвід Варшави. Завдяки підтримці місцевої влади, київських меценатів, таких як Л. Бродський, Н. Терещенко, А. Абрагамсон, В. Контовт, Київське Товариство велосипедистів-любителів та інших, станція отримала необхідне обладнання, зокрема приймальну, хірургію, перев'язувальну, аптеку та стерилізаційну. У штаті станції було 8 чергових лікарів, головний лікар та економ. Також до складу станції входили один головний санітар та чотири старших та три молодших санітари, три конюха, двірник та кур'єр. Для транспортування пацієнтів було доступно три пари коней з каретами "Лорек та Ко", які згодом були доповнені двома санітарними автомобілями, що були придбані в 1913 році. У 1903 році станція швидкої медичної допомоги з'явилася в Одесі, а в 1904 році - у Харкові. Ще до початку Першої світової війни у Києві почали функціонувати перші спеціалізовані бригади швидкої медичної допомоги, такі як акушерська

бригада, заснована на київській станції швидкої медичної допомоги в 1932 році, та педіатрична бригада, створена в 1934 році.

Під час окупації у 1941 році Київська станція швидкої медичної допомоги була змушена припинити свою роботу, але після звільнення міста у 1943 році вона знову розпочала свою роботу. З 1948 року станцію очолила Наталія Ленгауер, яка доклала багато зусиль для розвитку станції швидкої медичної допомоги в Києві. Вона зробила значний внесок у покращення кардіологічної допомоги населенню, створивши мобільний стаціонар на колесах та підсиливши його сучасним обладнанням та мобільною лабораторією. Під її керівництвом станція стала передовим центром медичної допомоги в Україні та Союзі РСР, на її базі проводилися конференції та семінари ВООЗ.

У 1983 році в УРСР було 88 станцій та 663 відділи, у яких працювало близько 4 000 лікарів і близько 5 000 осіб середнього медичного персоналу, та було близько 4000 санітарних автомашин. У великих містах та сільськогосподарських районних центрах були створені спеціалізовані бригади швидкої медичної допомоги, які забезпечували пацієнтів різного віку та з різними хворобами кваліфікованою медичною допомогою.

На сьогоднішній день служба "швидкої" перебуває у стані реформування, з метою трансформування екстреної медичної допомоги у пара-медичну.

2. Загальні вимоги до автомобіля, вагових та геометричних параметрів автомобіля.

Основні вимоги до автомобілів на базі яких створюються автомобілі швидкої медичної допомоги визначено у ДСТУ EN 1789 Medical vehicles and their equipment Road ambulances (Медичні транспортні засоби та їх обладнання. Дорожні машини швидкої медичної допомоги) [1].

Військовий автомобіль швидкої допомоги відіграє важливу роль у забезпеченні надання медичної допомоги в польових умовах. Основними завданнями такого транспортного засобу є оперативне транспортування поранених, надання першої медичної допомоги та евакуація військовослужбовців із зон бойових дій. Вимоги до цих автомобілів визначаються умовами їх експлуатації, необхідністю високої прохідності, захисту медичного персоналу та пацієнтів, а також відповідності ваговим і геометричним параметрам. Крім того, сучасні тенденції у військовій медицині вимагають удосконалення конструкції таких автомобілів для підвищення їх ефективності та адаптації до екстремальних умов експлуатації.

2.1. Основні вимоги до військового автомобіля швидкої допомоги (згідно ДСТУ EN 1789 Medical vehicles and their equipment Road ambulances (Медичні транспортні засоби та їх обладнання. Дорожні машини швидкої медичної допомоги) [1].

Прохідність та мобільність

- Висока маневреність та здатність пересуватися по бездоріжжю, включаючи бруд, пісок, сніг та гірську місцевість.
- Надійна підвіска та система амортизації для зменшення впливу нерівностей на пацієнтів, що особливо важливо при перевезенні тяжкопоранених.

- Повнопривідна трансмісія та спеціальні шини для забезпечення стійкості на складних ділянках дороги.
- Можливість швидкого розгортання та згортання в зоні бойових дій для оперативного надання допомоги.

Захист та безпека

- Броньований кузов для захисту від уламків, стрілецької зброї та осколків мін та снарядів.
- Система фільтрації повітря для роботи в умовах застосування хімічної, біологічної або радіаційної зброї.
- Надійна фіксація медичного обладнання та носилок для безпечного транспортування поранених у складних умовах руху.
- Захист паливного бака від загоряння та система автоматичного пожежогасіння.

Медичне обладнання (ДСТУ EN 1865-1:2017 (EN 1865-1:2010 + A1:2015 IDT) «Засоби переміщення пацієнтів, що застосовують у спеціалізованих автомобілях швидкої медичної допомоги» [5] та ДСТУ EN 1865-5:2015 «Засоби переміщення пацієнтів, застосовані у спеціальних автомобілях швидкої допомоги» [6].)

- Наявність необхідного мінімального комплексу медичних засобів (дефібрилятор, апарат штучної вентиляції легень, система подачі кисню, медикаменти, перев'язувальні матеріали, катетери, мобільний кардіомонітор).
- Зручне планування салону для роботи медичного персоналу, що забезпечує можливість виконання термінових медичних процедур у процесі руху.
- Освітлення, кондиціонування та опалення для забезпечення належних умов роботи медиків та підтримання життєдіяльності постраждалих.

- Спеціальні кріплення для транспортування медичного обладнання та надання допомоги на місці.

Автономність

- Достатній запас пального для тривалого функціонування без дозаправки, що важливо для операцій у віддалених районах.
- Надійні джерела живлення, такі як акумуляторні батареї та генератор, для забезпечення роботи всіх систем автомобіля.
- Можливість експлуатації в різних кліматичних умовах – від арктичного холоду до екстремальної спеки.
- Наявність системи GPS-навігації, супутникового зв'язку та інших засобів зв'язку для координації дій медичних служб.

2.2. Вагові та геометричні параметри

Вагові характеристики

- Повна маса автомобіля повинна враховувати бронювання, медичне обладнання, екіпаж та вантажопідйомність.
- Оптимальний розподіл маси для забезпечення стійкості та керованості при пересуванні по бездоріжжю.
- Вантажопідйомність, що дозволяє перевозити необхідну кількість поранених (зазвичай від 2 до 6 осіб) разом із медичним персоналом.

Геометричні параметри

- Габаритні розміри повинні забезпечувати можливість транспортування автомобіля літаками та вертольотами для оперативного перекидання в зони бойових дій.
- Високий дорожній просвіт для подолання перешкод, таких як ями, каміння та зруйновані ділянки дороги.
- Оптимальна ширина та довжина для забезпечення стійкості на складних маршрутах та зручності роботи медичного персоналу всередині салону.

- Наявність додаткових засобів кріплення для забезпечення стабільності автомобіля під час навантаження та розвантаження пацієнтів.

Військовий автомобіль швидкої допомоги повинен відповідати жорстким вимогам щодо мобільності, захисту, автономності та медичного оснащення. Врахування вагових і геометричних параметрів є ключовим для забезпечення ефективності виконання завдань у складних бойових умовах.

Крім того, удосконалення технологічних рішень дозволяє підвищити ефективність медичного транспорту, що напряду впливає на швидкість і якість надання допомоги. Від правильного вибору конструктивних рішень залежить успішне транспортування поранених, зменшення смертності серед військовослужбовців та підвищення боєздатності армії в цілому.

Розвиток військової медицини та впровадження новітніх технологій, таких як телемедицина, системи дистанційного моніторингу стану пацієнтів та автономні медичні модулі, може значно покращити ефективність військових медичних підрозділів та забезпечити швидке реагування на критичні ситуації на полі бою.

2.3. Класифікація автомобілів швидкої допомоги [9-12]

Машина «Швидка допомога» («Швидка допомога») – це спецтехніка, яку часто можна зустріти на дорогах України та будь-якої іншої країни. Призначення цього спецтранспорту - питання збереження життя людини, що наразилася на небезпеку внаслідок нещасного випадку, дорожньо-транспортної пригоди, надзвичайної ситуації, раптової чи загостреної хронічної хвороби. А з загостренням ситуації в нашій державі через військову агресію Росії всі санітарні автомобілі працюють у режимі 24/7, особливо якщо йдеться про критичну інфраструктуру, де потрібно оперативно виконати доставку потерпілих цивільних чи поранених у бою військових до найближчого пункту надання кваліфікованої медичної допомоги.



2.3.1. Моделі автомобілів швидкої допомоги: сучасна класифікація [9-12]

Ціна автомобіля швидкої допомоги залежить від наступних параметрів і складових цієї техніки:

- Клас машини, який залежить від призначення. В даний час всі санітарні машини діляться на 3 класи: клас А, клас Б і С. Далі у статті ми пояснимо, чим відрізняються ці класи автотехніки для надання невідкладної медичної допомоги.
- Тип базового автомобіля. Сучасні «санітарки» можуть виготовлятися на базі легкової, вантажопасажирської та вантажної автотехніки, вони поділяються на малі, середні та великі. Вартість базової машини більшою мірою визначає ціну готового санітарного авто, і, природно, «швидка допомога» на базі легкового мінівена (наприклад, на базі Citroen Berlingo) буде дешевшою за великий санітарний спецавтомобіль на базі вантажопасажирського автобуса із суцільнометалевим фургоном Citroen Jumperr.



- Доукомплектування спецавтомобіля спеціальними інструментами та обладнанням (ноші, апарат ШВЛ та інша спецмедтехніка) також впливає на кінцеву вартість спецавтомобіля.



Рис. 2.1. Комплектація малого санітарного авто



Рис. 2.2. Комплектація середнього санітарного авто



Рис. 2.3. Комплектація великого санітарного авто

2.3.2. Класифікація автомобілів швидкої допомоги за основними ознаками [9].

За призначенням:

- Автомобілі екстреної медичної допомоги – призначені для оперативного реагування на виклики та надання невідкладної допомоги.

- Реаніомобілі – оснащені спеціальним обладнанням для проведення інтенсивної терапії під час транспортування пацієнта.
- Транспортні карети швидкої допомоги – використовуються для планового перевезення пацієнтів між медичними закладами.
- Автомобілі спеціального призначення – наприклад, для транспортування донорських органів або забезпечення медичних служб під час масових заходів.

За рівнем оснащеності:

- Клас А – автомобілі для транспортування пацієнтів, які не потребують невідкладної допомоги.
- Клас В – оснащені для надання першої медичної допомоги та підтримки життєво важливих функцій.
- Клас С (реаніомобілі) – забезпечені обладнанням для проведення реанімаційних заходів і тривалого медичного супроводу.

За конструктивними особливостями:

- Легкові автомобілі швидкої допомоги – використовуються для транспортування лікарів до пацієнтів.
- Фургони та мікроавтобуси – найпоширеніші середньорозмірні карети швидкої допомоги.
- Великогабаритні автомобілі (на базі вантажівок) – застосовуються для спеціалізованих медичних місій та евакуації.
- Гусеничні та позашляхові моделі – призначені для роботи у важкодоступних регіонах.

За умовами експлуатації:

- Міські карети швидкої допомоги – мають високу маневреність і призначені для роботи у міських умовах.

- Сільські та позашляхові моделі – адаптовані для експлуатації на складних дорожніх покриттях.
- Військові медичні автомобілі – призначені для евакуації поранених у бойових умовах.

3. Характеристики та експлуатаційні властивості автомобіля

3.1. Аналіз вихідних даних та розробка компоувальної схеми автомобіля [2-4]

Розробка компоувальної схеми автомобіля включає визначення параметрів маси автомобіля, визначення кількості осей і колісної формули, уточнення компоувальної схеми і навантажень на осі.

3.1.1. Визначення параметрів мас [2-4]

Власну масу вантажного автомобіля визначають на основі статистичної обробки параметрів мас існуючих автомобілів даного типу з урахуванням факторів, які можуть здійснити вплив на вибір маси.

Власну масу вантажного автомобіля визначають із співвідношення:

$$M_0 = M_B \cdot q = 1450 \cdot 1,6 = 2320 \text{ кг}$$

де : M_B - вантажопідйомність автомобіля $(1000 + (75 \cdot 6)) = 1450$, кг;

q - коефіцієнт тари.

Для автомобіля, з колісною формулою 4×4 вантажопідйомністю коефіцієнт тари $q = 1,6$.

Повна маса автомобіля 4×4 визначається з виразу:

$$M_a = M_0 + M_B = 1450 + 2320 = 3770 \text{ кг}$$

де M_B - маса вантажу, кг;

M_0 - власна маса автомобіля, кг;

Сила ваги автомобіля:

$$G_a = M_a \cdot g = 3770 \cdot 10 = 37700 \text{ Н} = 37 \text{ кН};$$

g - прискорення вільного падіння;

3.1.2. Визначення кількості осей автомобіля [2-4]

Розподіл навантаження по мостах необхідно визначити для підбору шин, а також для визначення максимально можливої по зчепленню тягової сили, величина якої використовується для вибору передаточного числа нижчої передачі трансмісії. Для вантажних автомобілів розподіл навантажень між мостами залежить, головним чином, від того, для яких доріг вони призначені.

Враховуючи те, що більшість доріг нашої країни належить до категорії Б, автомобіль, що проектується, повинен відповідати цим вимогам. Тоді кількість осей ми вибираємо $n = 2$.

$\psi_{\max} = (f + i)_{\max}$ - коефіцієнт сумарного опору дороги;

де: f - коефіцієнт опору коченню;

i - коефіцієнти поздовжнього ухилу дороги.

Величина $\psi_{\max} = 0,028$ дано з завдання.

3.1.3. Уточнення компоновання і вагових навантажень на осі автомобіля [2-4]

Розробка компоувальної схеми автомобіля включає оптимізацію взаємного розміщення кабіни, двигуна і кузова, виходячи із цільового призначення і умов експлуатації автомобіля, що проектується.

На вибраній компоувальній схемі автомобіля і даних технічних характеристик, визначаємо навантаження на осі автомобіля, що проектується, для двовісних вантажних автомобілів:

$$G_2 = 0,53 \cdot G_a = 0,53 \cdot 37,7 = 19,9 \text{ кН};$$

$$G_1 = 37,7 - 19,9 = 17,7 \text{ кН}.$$

де G_2 – навантаження на задню ведучу вісь;

G_1 – навантаження на передню вісь.

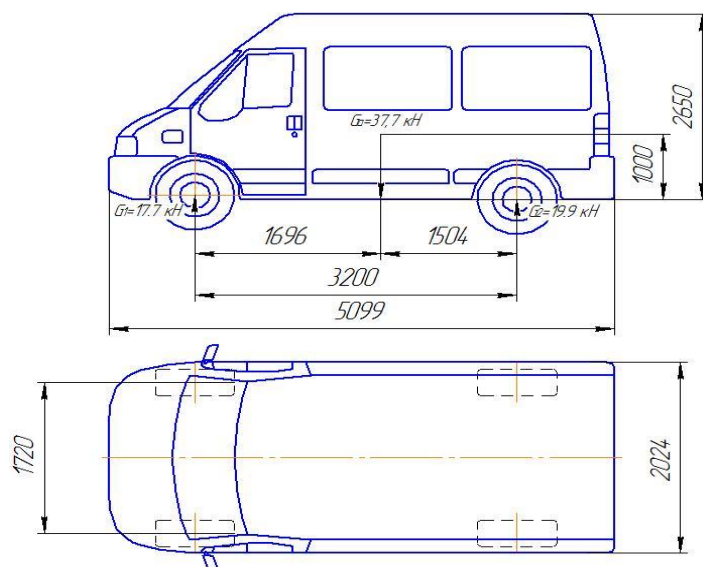


Рис. 3.1. Компоувальна схема автомобіля.

Висоту центра мас h_g приймаємо для вантажних автомобілів $h_g = 0,9 \dots 1,1$ м;

Величини поздовжньої $L = 3200$ мм і поперечної $B = 1720$ мм баз автомобіля приймаємо з урахуванням параметрів існуючих конструкцій. Відстані від центра мас до осей коліс автомобіля визначають із виразів:

$$a = G_2 L / G_a = 19,9 \cdot 3200 / 37,7 = 1696 \text{ мм};$$

$$b = L - a = 3200 - 1696 = 1504 \text{ мм}.$$

3.2. Тяговий розрахунок і визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля [2-4]

3.2.1. Визначення вихідних даних [3]

3.2.1.1. Динамічний радіус колеса

Динамічний радіус колеса визначаємо після вибору шин з прототипу.

Параметри вибраної шини:

Позначення шини – 240-508P(8,25R20);

Тип рисунка протектора –ПП;

Маса шини кг, (не більше): камерна – 50,0;

Розміри при максимальному значенні тиску – 972 ± 10 мм (діаметр);

Максимально допустиме навантаження на шину – 14,0 кН;

Максимальне значення тиску – 60 Н / см²;

Максимально допустима швидкість – 100 км/год;

Статичний радіус шини з навантаженням $r_c = 457 \pm 5$ мм.

Вказаний радіус r_c приймаємо за динамічний r_d , тобто вважають, що $r_c \approx r_d$.

3.2.1.2. Механічний ККД трансмісії

Для визначення механічного ККД трансмісії η_m накреслимо кінематичну схему трансмісії.

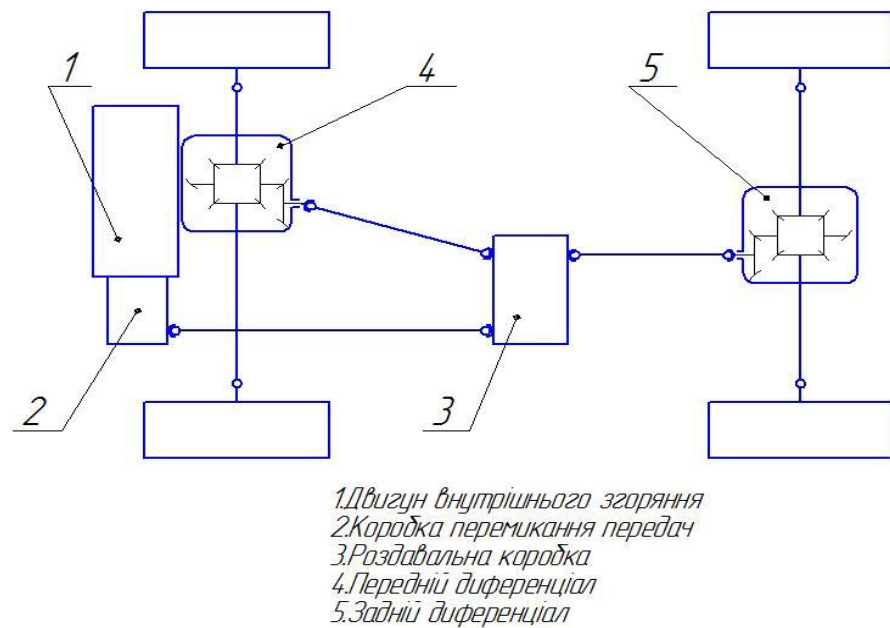


Рис. 3.2. Кінематична схема трансмісії.

Втратами енергії в підшипниках агрегатів трансмісії зневажаємо і приймаємо значення механічного ККД $\eta_m = 0,85$.

3.2.1.3. Фактор опору повітря

Орієнтовні значення фактору опору повітря $W=KF$ (де K - коефіцієнт обтічності автомобіля $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$; F - площа проекції автомобіля на площину, перпендикулярну його повздовжній осі, м^2) вибираємо з таблиці 3.1.

Фактор опору повітря для вантажного автомобіля, приймаємо $W = 1,2 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$.

Таблиця 3.1.

Орієнтовні значення фактору опору повітря W

Тип автомобіля	W , $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$
Легкові класів:	
- особливо малого	0,5...0,6
- малого	0,6...0,7
- середнього	0,75...0,85
- великого	0,85...0,95
Вантажні вантажопідйомністю:	
- до 1 т	1,2...1,5
- 1,1...2,5 т	1,6...2,0
	2,1...2,8

- 2,6...4,0 т	2,9...3,5
- понад 4 т	
Автопоїзди причіпні:	3,9...4,0
- тягач з кузовом-фургоном і причепом-фургоном	4,3...4,4
- тягач з бортовою платформою і бортовим причепом	
Сідельні автопоїзди:	3,4...3,5
- тягач 4х2 з напівпричепом-фургоном	4,2...4,4
- тягач 6х4 з напівпричепом-фургоном	
Автобуси з кузовом вагонного типу середньої і великої пасажиромісткості	2,9...3,6

3.2.2. Визначення потужності двигуна і побудова його швидкісної зовнішньої характеристики [2-4]

Оскільки при $V_{\max} j_a=0$, то, користуючись рівнянням потужнісного балансу і приймаючи $r_c = r_d$, визначимо:

$$N_{EV} = \frac{V_{\max} (G_a \cdot \psi_v + K \cdot F \cdot V_{\max}^2)}{1000 \cdot \eta_m} = \frac{25(37,7 \cdot 10^3 \cdot 0,028 + 1,2 \cdot 25^2)}{1000 \cdot 0,85} = 53 \text{ кВт}$$

де $V_{\max} = 25 \text{ м/с}$ - максимальна швидкість автомобіля;

$G_a = 37,7 \text{ кН}$ - сила тяжіння від повної маси автомобіля;

$\psi_v = 0,028$ - коефіцієнт опору дороги при максимальній швидкості автомобіля;

$KF = W = 1,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ - фактор опору повітря;

$\eta_m = 0,85$ - механічний ККД трансмісії.

Потужність N_{ev} відповідає частоті обертання колінчастого вала двигуна ω_v , при якій швидкість руху автомобіля буде максимальною.

$\omega_N = 240 \text{ с}^{-1}$ - частота обертання колінчастого вала двигуна при максимальній потужності;

Для математичного вираження і графічної побудови залежності $N_e=f(\omega)$ використовують формулу С.Р. Лейдермана:

$$N_E = N_{E\max} \left[a \frac{\omega_i}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^3 \right], \text{ кВт}$$

Залежність $M_k = f(\omega)$ визначають за формулою:

$$M_k = \frac{100K}{\omega}, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Питома витрата палива g може бути визначена при використанні залежності:

$$g = K_\omega \cdot g_N, \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$$

$N_{e \max} = 53 \text{ кВт}$ - максимальна ефективна потужність двигуна;

ω - поточне значення частоти обертання колінчастого вала двигуна с^{-1} ,

$\omega_N = 240 \text{ с}^{-1}$ - частота обертання колінчастого вала двигуна при максимальній потужності;

N_e , M_k , g - поточні значення відповідно потужності (кВт), крутного моменту (Н·м) і питомої витрати палива (г/кВт·год) при ω_i ;

a , b , c - емпіричні коефіцієнти рівняння;

K_ω - коефіцієнт впливу частоти обертання колінчастого вала двигуна на питому витрату палива;

g_N - питома витрата палива приймаємо $g_N = 225 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$

Значення коефіцієнтів a , b , c і коефіцієнта  можна визначити за табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Коефіцієнти до побудови кривої потужності за методом С.Р.Лейдермана

Коефіцієнти	Значення для двигунів			
	Карбюраторних		Дизельних	
	вант. авт.	легк. і автоб.	вант. авт.	легк. і автоб.
a	1,0	0,9	0,7	0,8
b	1,0	1,1	1,3	1,2

c	1,0	1,0	1,0	1,0
k	$k_i = a \frac{\omega_i}{\omega_n} + b \left(\frac{\omega_i}{\omega_n} \right)^2 + c \left(\frac{\omega_i}{\omega_n} \right)^3$			
0,2	0,232	0,216	0,184	0,200
0,3	0,363	0,243	0,300	0,321
0,4	0,496	0,272	0,424	0,448
0,5	0,625	0,600	0,550	0,575
0,6	0,744	0,720	0,672	0,696
0,7	0,847	0,826	0,784	0,805
0,8	0,928	0,912	0,880	0,896
0,9	0,981	0,972	0,954	0,963
1,0	1,000	1,000	1,000	1,000
1,1	0,98	0,99	—	—

Результати розрахунків ω_i , N_{ei} , M_{ki} , g_i для побудови швидкісної зовнішньої характеристики двигуна наводяться у вигляді таблиці (табл.3.3.).

Таблиця 3.3.

Параметри швидкісної зовнішньої характеристики даного двигуна

$K_i = \frac{\omega_i}{\omega_n}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ω_i , 1/с	48	72	96	120	144	168	192	216	240
N_{ei} , кВт	10,6	17,01	23,74	30,47	36,88	42,66	47,48	51,03	53
M_{ki} , Н·м	220,8	236,3	247,3	253,9	256,16	253,96	247,33	236,29	220,83
g_i , г/кВт·год	225	209,3	198	191,2	189	191,25	198	209,25	225
Q_r , кг/год	2,39	3,56	4,7	5,82	6,97	8,15	9,4	10,67	11,92

Зовнішня швидкісна характеристика показана рис. 3.3.

Зовнішня-швидкісна характеристика двигуна

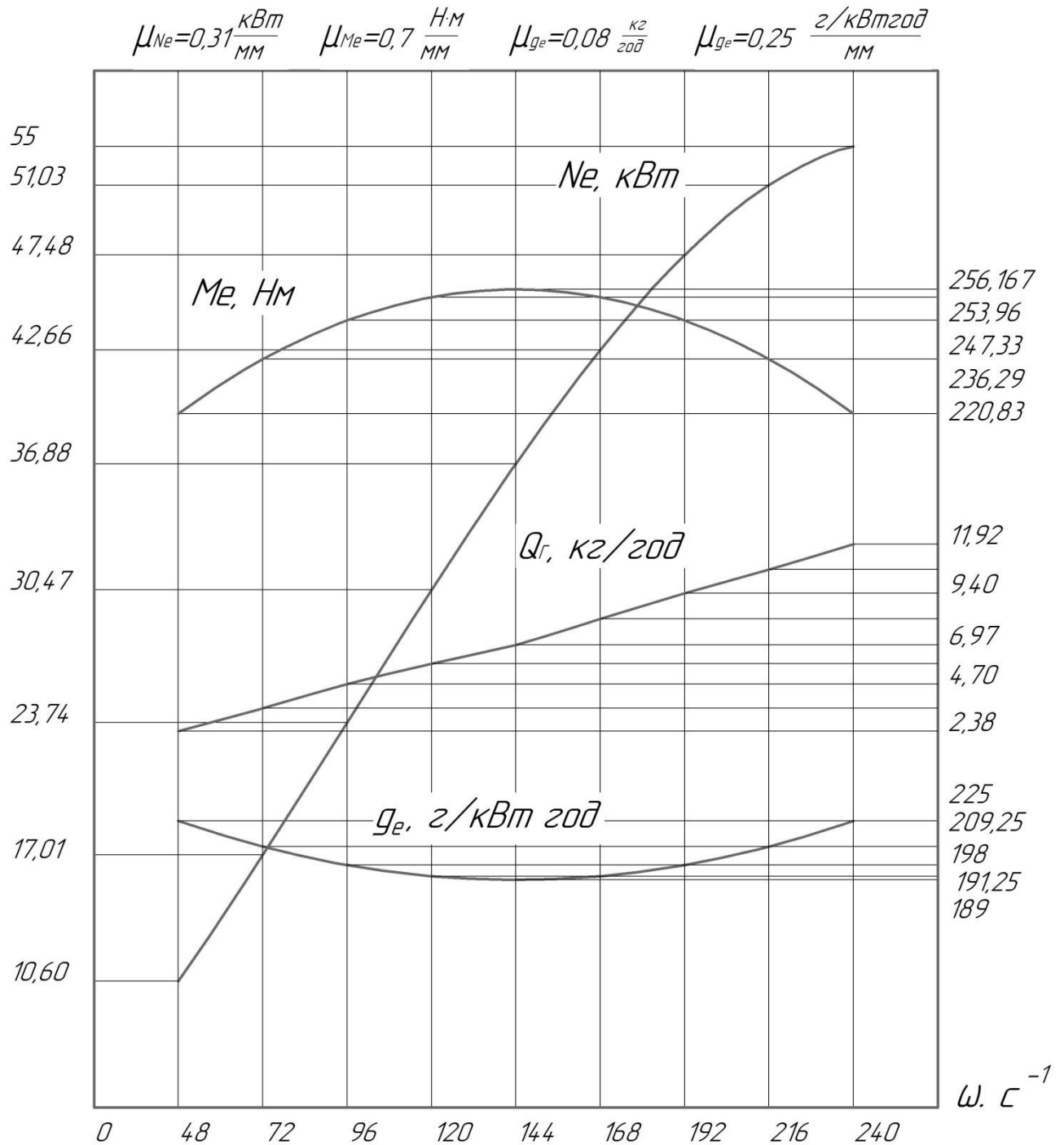


Рис. 3.3. Зовнішня швидкісна характеристика

3.2.3. Визначення кількості передач і передаточних чисел трансмісії автомобіля [3]

За умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху автомобіля визначаємо мінімальне передаточне число трансмісії, яке дорівнює:

$$u_{\text{тр min}} = (\omega_{\text{max}} \cdot r_k) / V_{\text{max}} = (240 \cdot 0,457) / 25 = 4,387$$

де $\omega_{\max} = 240 \text{ с}^{-1}$ - максимальна частота обертання колінчастого вала двигуна;

$r_k = 0,457 \text{ м}$ - кінематичний радіус колеса ($r_k \approx r_g \approx r_{\text{ст}}$),

$V_{\max} = 25 \text{ м/с}$ - максимальна швидкість руху автомобіля.

При наявності в трансмісії коробки передач і головної передачі:

$$u_{\text{тр min}} = u_{k \text{ min}} \cdot u_o$$

де $u_{k \text{ min}} = 1$ - мінімальне передаточне число коробки передач;

u_o - передаточне число головної передачі.

При наявності в трансмісії коробки передач, додаткової коробки передач і головної передачі:

$$u_{\text{тр min}} = u_{k \text{ min}} u_{\text{дк min}} u_o$$

де $u_{k \text{ min}}$ - мінімальне передаточне число коробки передач (при застосуванні тривальної коробки передач з останньою прямою передачею - $u_{k \text{ min}} = 1$; в автомобілях з двовальними коробками передач $u_{k \text{ min}} = 0,7 \dots 0,95$; в механічних трансмісіях з додатковою коробкою $u_{k \text{ min}} = 0,71 \dots 0,82$); при відсутності додаткової коробки вважають $u_{\text{дк min}} = 1$;

$u_{\text{дк min}}$ - мінімальне передаточне число додаткової коробки ($u_{\text{дк min}} = 0 \dots 1,3$);

u_o - передаточне число головної передачі.

Прийнявши, враховуючи призначення і умови експлуатації автомобіля, що проектується, визначимо передавальне число головної передачі:

$$u_o = u_{\text{тр min}} / (u_{k \text{ min}} + u_{\text{дк min}}) = 4,387 / (0,82 + 1,3) = 4,115$$

Максимальне передаточне число трансмісії $u_{\text{тр max}}$ визначають з умови подолання автомобілем найбільшого опору дороги $\psi_{\max}$:

$$U_{\text{тр max}} = \frac{\psi_{\max} \cdot G_a \cdot r_o}{M_{K \text{ max}} \cdot \eta_{\text{тр}}} = \frac{0,5 \cdot 37,7 \cdot 10^3 \cdot 0,457}{256,16 \cdot 0,85} = 39,56$$

де $\psi_{\max} = 0,5$ - максимальне значення коефіцієнта опору дороги;

$r_d \approx r_{\text{ст}} = 0,457 \text{ м}$ - динамічний радіус колеса;

$M_{K \text{ max}} = 256,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - максимальний крутний момент двигуна;

$\eta_{\text{тр}} = 0,85$ - ККД механічної трансмісії.

Отриману величину $u_{\text{тр max}}$ перевіряємо за умови зчеплення ведучих коліс з опорною поверхнею:

$$U_{\text{тр max}} \leq \frac{G_{\text{зч}} \cdot r_{\partial} \cdot \varphi}{M_{K \text{ max}} \cdot \eta_{\text{тр}}} = \frac{37700 \cdot 0,457 \cdot 0,6}{256,16 \cdot 0,85} = 47,47$$

де $G_{\text{зч}}$ - сила тяжіння від маси автомобіля, що припадає на ведучі колеса:

$G_{\text{зч}} = 37,7$ кН - для автомобілів з колісною формулою 4х4 задньопривідних;

$\varphi = 0,6$ - розрахункове значення коефіцієнта зчеплення.

Нерівність виконується, $u_{\text{тр max}}$ можна використовувати в подальших розрахунках.

Максимальне передаточне число трансмісії дорівнює:

$$u_{\text{тр max}} = u_{K \text{ max}} \cdot u_o$$

де $u_{K \text{ max}} = u_{k1}$ - передаточне число першої передачі коробки передач;

Отримуємо значення передаточного числа першої передачі коробки передач:

$$u_{k1} = u_{\text{тр max}} / (u_{\text{дк max}} \cdot \Gamma_{\text{д}} \cdot u_o) = 39,56 / (2,3 \cdot 4,115) = 4,17$$

Число передач коробки передач залежить від типу, питомої потужності і умов експлуатації автомобіля, що проектується.

Передаточні числа проміжних передач підбирають за умови забезпечення оптимальних показників тягово-швидкісних і паливно-економічних властивостей автомобіля.

Найчастіше їх підбирають за законом геометричної прогресії, згідно якого кількість передач визначається з виразу:

$$n = \frac{\lg u_{K \text{ min}} - \lg u_{K \text{ max}}}{\lg q} + 1 = \frac{\lg 0,82 - \lg 4,17}{\lg 0,45} + 1 = 3$$

$$\text{де } q = \frac{\omega_M}{\omega_N} = \frac{120}{264} = 0,45 \text{ - показник геометричної прогресії.}$$

Виходячи з цього приймаємо кількість передач $n = 4$.

Використовуючи останню передачу пряму, проміжні передаточні числа обчислюються за такою формулою:

$$u_{kj} = \sqrt[n-1]{u_{k1}^{n-j}};$$

$$u_{k2} = \sqrt[4-1]{4,17^{4-2}} = 2,59;$$

$$u_{k3} = \sqrt[4-1]{4,17^{4-3}} = 1,6;$$

$$u_{k4} = \sqrt[4-1]{4,17^{4-4}} = 1;$$

де $n = 4$ - число передач коробки передач;

j (1; 2; 3; 4) - порядковий номер проміжної передачі;

$i_{k1} = 4,17$ - передаточне число першої передачі.

3.3. Визначення експлуатаційних властивостей автомобіля [2-4]

3.3.1. Побудова динамічної характеристики і графіка прискорень автомобіля [3, 4]

Динамічна характеристика автомобіля - це графічне зображення залежності динамічного фактора D від швидкості руху автомобіля V_a (тобто $D = f(V_a)$).

При побудові динамічної характеристики автомобіля використовуємо швидкісну зовнішню характеристику двигуна.

Динамічний фактор автомобіля дорівнює:

$$D = \frac{P_{pij} - P_{wi}}{G};$$

де P_p - сила тяги на ведучих колесах автомобіля, Н;

P_w - сила опору повітря, Н.

Сила тяги дорівнює:

$$P_{pij} = \frac{M_{ei} \cdot u_{kj} \cdot u_o \cdot \eta_{TP}}{r_o} = \frac{M_{en} \cdot u_{kj} \cdot u_o \cdot \eta_{TP}}{r_o}, H;$$

де M_{ei} - i -те значення крутного моменту двигуна, Н·м;

u_{kj} - передаточне число j -тої передачі коробки передач;

Сила опору повітря визначається з виразу:

$$P_{wij} = K \cdot F \cdot V_{ij}^2, H$$

де V_{ij} - швидкість руху автомобіля при ω_{ei} частоті обертання колінчастого вала двигуна на j -тій передачі, м/с:

$$V_{ij} = \frac{\omega_{ei} \cdot r_k}{u_{kj} \cdot u_o} = \frac{\omega_{eN} \cdot k_i \cdot r_k}{u_{kj} \cdot u_o}, \text{ м/с};$$

$K \cdot F = W = 1,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ – фактор опору повітря.

Прискорення автомобіля на j-тій передачі визначаємо за формулою:

$$J_{ij} = \frac{dv}{dt_{ij}} = \frac{D_{ij} - 0.02}{1.04 + 0.04 \cdot u_{ki}^2} 9.81, \text{ м/с}^2;$$

Отримані в результаті обчислень за формулами значення V_{ij} , D_{ij} і j_{ij} зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4.

Результати розрахунків швидкості динамічного фактора і прискорення автомобіля

Передача	Параме	K _i								
	тр	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	ω , с ⁻¹	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	N _e , кВт	10,6	17,01	23,74	30,475	36,88	42,66	47,48	51,03	53,0
	M _к , Нм	220,8	236,3	247,3	253,96	256,16	253,96	247,33	236,29	220,83
	g _e , Г/кВт	225	209,3	198	191,25	189	191,25	198	209,25	225
	год.									
u _{к1} =4,17	V ₁ , м/с	1.278	1.918	2.556	3.195	3.835	4.474	5.113	5.752	6.391
	D ₁	0.186	0.2	0.209	0.214	0.216	0.214	0.208	0.199	0.185
	j ₁ , м/с ²	0.943	1.01	1.069	1.10	1.11	1.098	1.065	1.017	0.936
	Ej	5,654								
	P _p . Н	7048.1	7541.4	7893.8	8105.3	8175.8	8105.3	7893.8	7541.4	7048.1
	P _w . Н	1.96	4.41	7.84	12.25	17.64	24.02	31.37	39.71	49.02
	V ₂ , м/с	2.058	3.08	4.11	5.14	6.17	7.20	8.23	9.26	10.29
	D ₂	0.11	0.124	0.129	0.132	0.135	0.131	0.127	0.121	0.112
	j ₂ , м/с ²	0.715	0.772	0.821	0.844	0.850	0.838	0.809	0.761	0.695
u _{к2} =2,59	Ej	7,546								
	P _p . Н	4377.6	4684.0	4902.9	5034.3	5078.0	5034.2	4902.9	4684.0	4377.6
	P _w . Н	5.038	11.437	20.33	31.771	45.750	62.272	81.33	102.93	127.08
u _{к2} =1,6	V ₃ , м/с	3,33	4,99	6,65	8,32	9,99	11,6	13,32	14,99	16,65
	D ₃	0,07	0,076	0,078	0,0802	0,08	0,078	0,074	0,069	0,062
	j _i , м/с ²	0,44	0,48	0,50	0,51	0,515	0,499	0,469	0,425	0,36

	Ej	8,605								
	P _{p.} H	2704,3	2893,6	3028,8	3110,0	3137,0	3109,9	3028,8	2893,6	2704,3
	P _{w.} H	13,3	29,9	53,2	83,2	119,8	163,1	213,1	269,7	333,0
u _{k2} =1	V ₄ , м/с	5,33	7,99	10,6	13,32	15,99	18,65	21,32	23,98	26,65
	D ₄	0,043	0,046	0,0465	0,0459	0,0439	0,0405	0,035	0,029	0,022
	j ₄ , м/с ²	0,217	0,236	0,241	0,235	0,216	0,186	0,14	0,08	0,02
	Ej	9,083								
	P _{p.} H	1690,2	1808,5	1893,0	1943,7	1960,6	1943,7	1893,0	1808,5	1690,2
	P _{w.} H	34,1	76,7	136,4	213,1	306,9	417,7	545,6	690,5	852,5
Передача	Параме	K _i								
	тр	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	ω, с ⁻¹	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	N _e , кВт	10,6	17,01	23,74	30,475	36,88	42,66	47,48	51,03	53,0
	M _K , НМ	220,8	236,3	247,3	253,96	256,16	253,96	247,33	236,29	220,83
	g _e , г/кВт год.	225	209,3	198	191,25	189	191,25	198	209,25	225
u _{k1} =4,17 u _{дк} =2,3	V ₁ , м/с	0,98	1,47	1,96	2,45	2,95	3,44	3,93	4,42	4,91
	D ₁	0,243	0,26	0,27	0,279	0,281	0,279	0,271	0,259	0,242
	j ₁ , м/с ²	0,98	1,063	1,11	1,14	1,15	1,147	1,114	1,06	0,984
	Ej	4,427								
	P _{p.} H	9162,6	9803,9	10262	10537	10629	10536	10262	9803	9162
	P _{w.} H	1,16	2,61	4,64	7,25	10,44	14,21	18,56	23,49	29,0
u _{k2} =2,59 u _{дк} =2,3	V ₂ , м/с	1,58	2,37	3,16	3,95	4,74	5,54	6,33	7,12	7,91
	D ₂	0,15	0,16	0,168	0,173	0,174	0,172	0,167	0,159	0,148
	j ₂ , м/с ²	0,85	0,92	0,97	1,0	1,01	1,002	0,97	0,91	0,84
	Ej	6,568								
	P _{p.} H	5690,9	6089,2	6373,8	6544,5	6601,4	6544,5	6373,8	6089,2	5690,8
	P _{w.} H	3,0	6,76	12,03	18,8	27,07	36,84	48,12	60,9	75,1
u _{k2} =1,6 u _{дк} =2,3	V ₃ , м/с	2,56	3,84	5,12	6,40	7,68	8,97	10,25	11,53	12,81
	D ₃	0,09	0,099	0,103	0,105	0,106	0,104	0,101	0,09	0,08
	j _i , м/с ²	0,453	0,49	0,518	0,532	0,535	0,525	0,502	0,468	0,421
	Ej	8,087								
	P _{p.} H	3515,6	3761,7	3937,4	4042,9	4078,1	4042,9	3937,4	3761,7	3515,6
	P _{w.} H	7,88	17,73	31,52	49,26	70,93	96,55	126,11	159,6	197,0
u _{k2} =1 u _{дк} =2,3	V ₄ , м/с	4,10	6,15	8,20	10,25	12,3	14,35	16,40	18,45	20,5
	D ₄	0,05	0,061	0,063	0,0636	0,062	0,060	0,056	0,051	0,044

$j_4, \text{ м/с}^2$	0,33	0,36	0,38	0,386	0,379	0,358	0,325	0,27	0,22
Ej	8,857								
$P_p, \text{ Н}$	2197,3	2351,0	2460,9	2526,8	2548,8	2526,8	2460,9	2351,0	2197,2
$P_w, \text{ Н}$	20,1	45,3	80,7	126,1	181,5	247,1	322,8	408,5	504,4

На основі обчислених даних будуюмо динамічну характеристику (рис. 3.4) і графік прискорень автомобіля (рис. 3.5), що проектується.

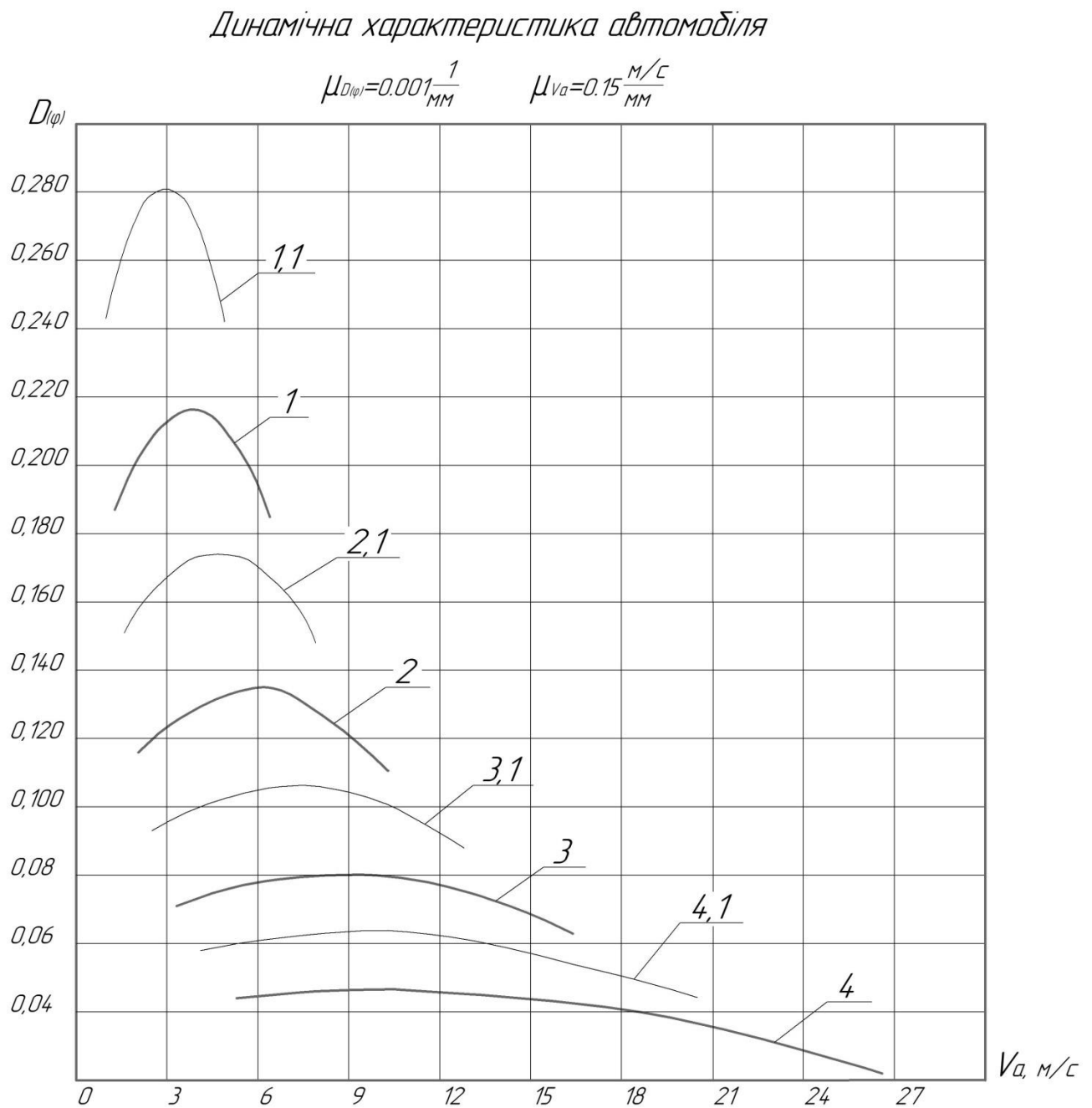


Рис. 3.4. Динамічна характеристика

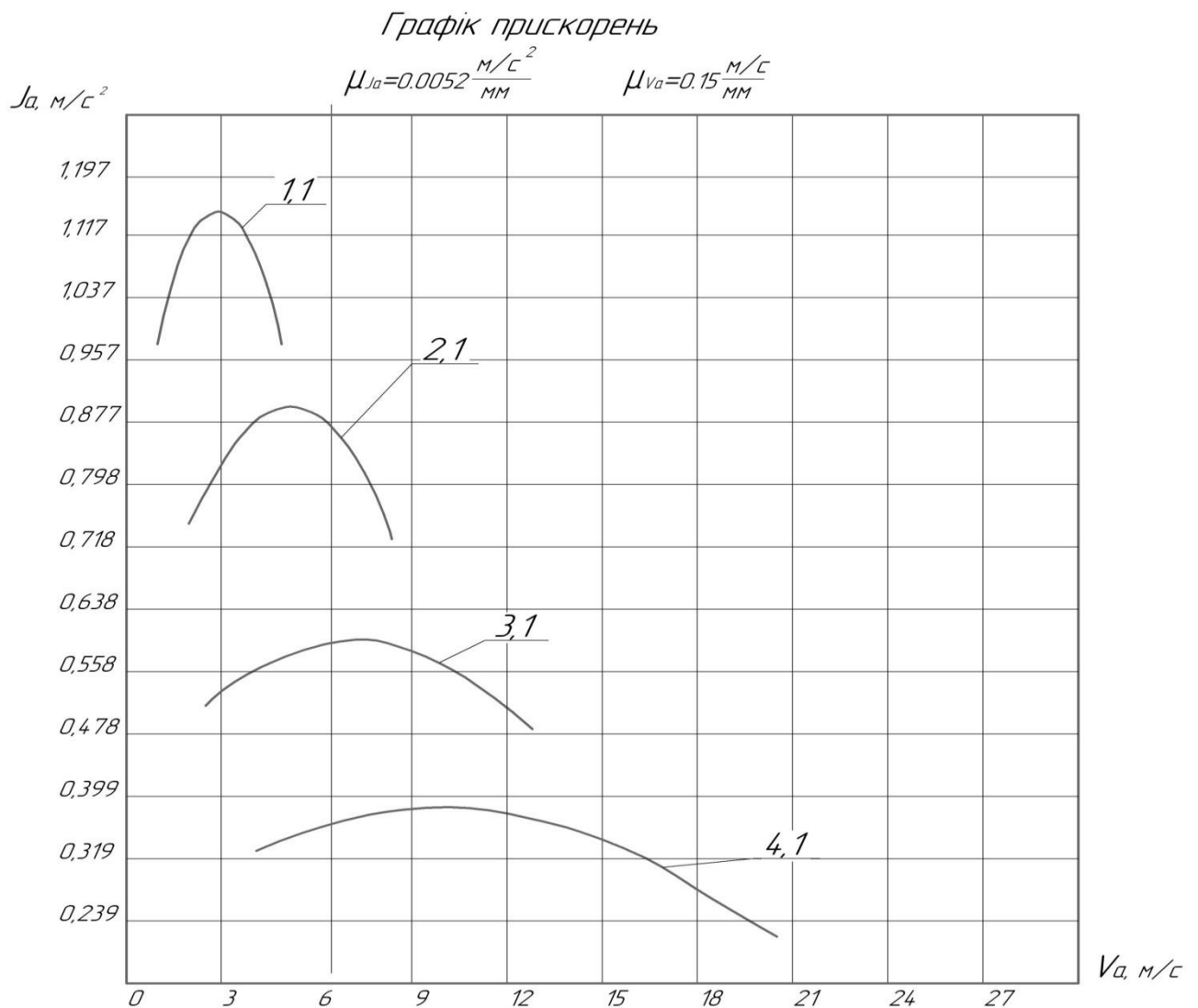


Рис. 3.5. Графік прискорень

3.3.2. Побудова графіків часу і шляху розгону автомобіля [3, 4]

Для побудови графіка часу $V_a = f(t_a)$ і шляху $V_a = f(S_a)$ розгону автомобіля графоаналітичним методом використовуємо графік прискорень автомобіля $j_a = f(V_a)$

Для цього кожен криву графіка прискорень ділимо на дев'ять інтервалів, кінці яких з'єднуємо відрізками прямої, тобто представляємо її у вигляді кусочно-лінійної функції.

Кінці інтервалів швидкостей і прискорень позначаємо відповідно $V_{i+1}, V_{i+2} \dots V_{i+n}$ і $j_{i+1}, j_{i+2} \dots j_{i+n}$.

Тоді для кожного інтервалу швидкостей час розгону автомобіля буде дорівнювати:



Шлях розгону для кожного інтервалу швидкостей:



Знайдені в діапазоні від $V_a = 0$ до $V_a = V_{a \max}$ значення t_{in} і S_{in} заносимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Результати обчислень часу і шляху розгону автомобіля

Величина	Інтервал								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Швидкість в кінці інтервалу V_{i+1}	1.918	2.556	3.195	3.835	4.474	5.113	5.752	6.391	I
Прискорення в кінці інтервалу J_{i+1}	1.01	1.069	1.10	1.11	1.098	1.065	1.017	0.936	
Час розгону в інтервалі Δt	0,65	0,61	0,58	0,57	0,578	0,59	0,61	0,65	
Шлях розгону в інтервалі ΔS	1,04	1,37	1,69	2,03	2,40	2,83	3,34	3,98	
Сумарний час розгону t , с	0,652	1,26	1,85	2,43	3,01	3,60	4,21	4,87	
Сумарний шлях розгону S , м	1,042	2,41	4,10	6,14	8,54	11,37	14,71	18,70	II
Швидкість в кінці інтервалу V_{i+1}	3.08	4.11	5.14	6.17	7.20	8.23	9.26	10.29	
Прискорення в кінці інтервалу J_{i+1}	0.772	0.821	0.844	0.850	0.838	0.809	0.761	0.695	
Час розгону в інтервалі Δt	1,37	1,28	1,23	1,21	1,218	1,24	1,248	1,41	
Шлях розгону в інтервалі ΔS	3,53	4,63	5,72	6,86	8,14	9,63	10,92	13,81	
Сумарний час розгону t , с	1,373	2,65	3,89	5,10	6,32	7,57	8,82	10,23	III
Сумарний шлях розгону S , м	3,53	8,16	13,8	20,7	28,9	38,5	49,4	63,2	
Швидкість в кінці інтервалу V_{i+1}	4,99	6,65	8,32	9,99	11,6	13,32	14,99	16,65	III
Прискорення в кінці інтервалу J_{i+1}	0,48	0,50	0,51	0,515	0,499	0,469	0,425	0,36	

Величина	Інтервал								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Час розгону в інтервалі Δt	3,61	3,37	3,25	3,22	3,28	3,43	3,72	4,19	
Шлях розгону в інтервалі ΔS	15,0	19,6	24,39	29,5	35,5	42,9	52,6	66,3	
Сумарний час розгону t , с	3,61	6,99	10,24	13,47	16,75	20,19	23,91	28,1	
Сумарний шлях розгону S , м	15,05	34,74	59,13	88,68	124,23	167,18	219,8	286,2	
Швидкість в кінці інтервалу V_{i+1}	7,99	10,6	13,32	15,99	18,65	21,32	23,98	26,65	IV
Прискорення в кінці інтервалу J_{i+1}	0,236	0,241	0,235	0,216	0,186	0,14	0,08	0,02	
Час розгону в інтервалі Δt	11,7	11,17	11,17 ₈	11,79	13,23	16,20	23,10	49,4	
Шлях розгону в інтервалі ΔS	78,42	104,2	134,0	172,8	229,2	323,9	523,5	1251,4	
Сумарний час розгону t , с	11,77	29,94	34,12	45,91	59,14	75,35	98,4	147,8	
Сумарний шлях розгону S , м	78,42	182,6	316,7	489,5	718,8	1042,8	1566,3	2818,8	

Користуючись розрахунковими даними, будуємо графіки залежностей $V_a = f(t_a)$ і $V_a = f(S_a)$.

Графіки часу та шляху розгону автомобіля представлено на рис. 3.6.

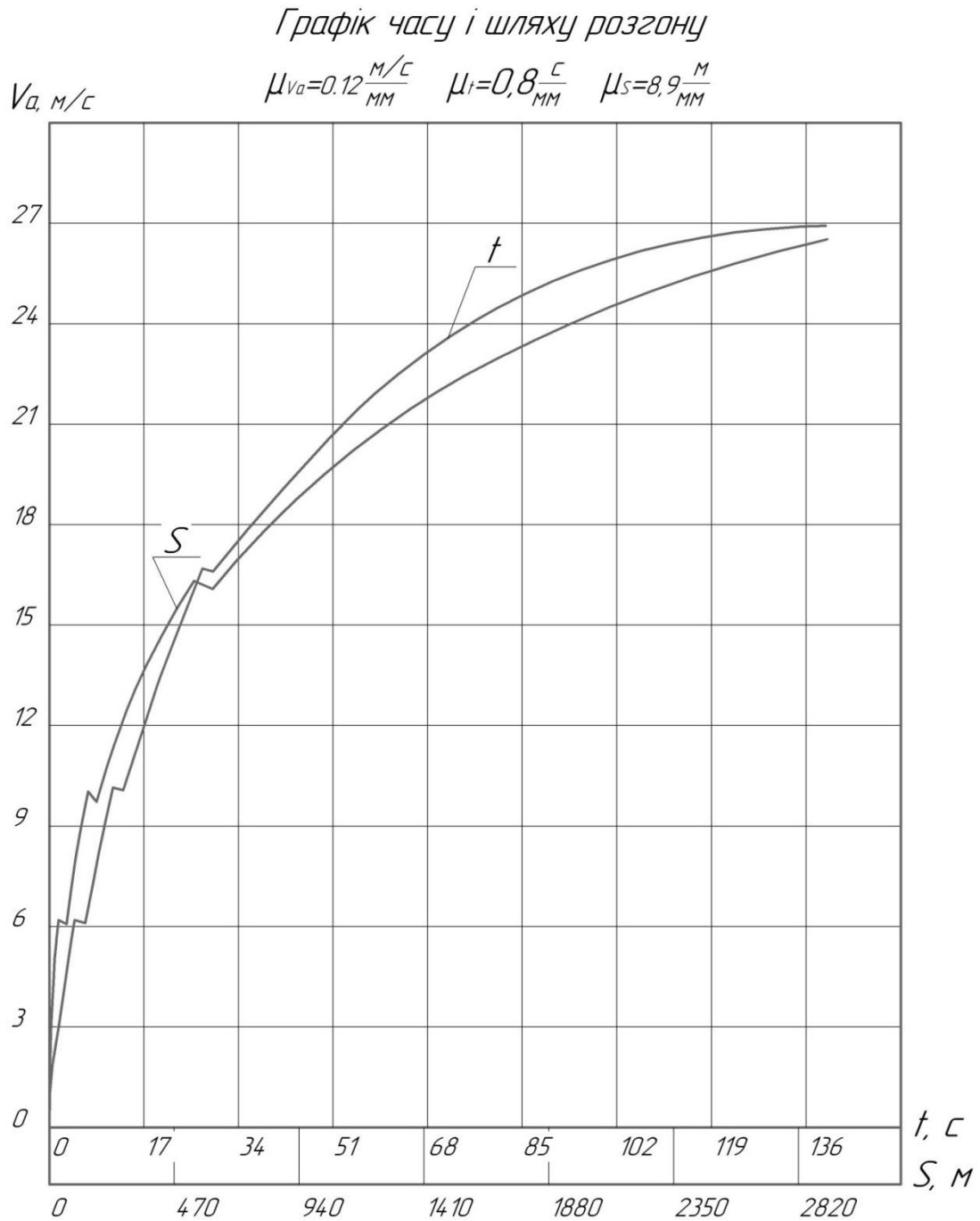


Рис. 3.6. Графіки часу і шляху розгона

3.3.3. Гальмові властивості автомобіля [3, 4]

Для оцінки гальмових властивостей автомобіля використовуємо показники:

шлях гальмування S_r , м

$$S_r = \frac{V_a^2}{2g(\varphi \cdot \cos \alpha + f \pm \sin \alpha)} = \frac{11,11^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (0,6 \cdot 1 + 0,02)} = 10,15 \text{ м}$$

де $V_a=11,11$ м/с - швидкість автомобіля, з якої починається гальмування (встановлюється згідно вимог до випробувань гальмових систем для вантажних автомобілів - 40 км/год);

$\alpha = 0$ - кут нахилу полотна дороги, град;

$f = 0,02$ - коефіцієнт опору кочення;

φ - коефіцієнт зчеплення коліс з полотном дороги коліс (згідно вимог до випробувань гальмових систем вантажних автомобілів – не менше 0,6);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили ваги.

сповільнення j_c , м/с^2

$$j_c = (\varphi \cdot \cos \alpha + f \pm \sin \alpha)g = (0,6 + 0,02)9,81 = 6,08 \text{ м/с}^2$$

Значення α, f, φ відповідають показникам рівної ділянки дороги з сухим цементобетонним або асфальтним покриттям.

Отримані значення S_r і j_c порівнюємо з вимогами “Правил дорожнього руху України” і робимо висновок про ефективність гальмової системи та відповідність її вимогам.

3.3.4. Стійкість автомобіля [3, 4]

Поперечна стійкість автомобіля оцінюється за величиною критичної швидкості автомобіля під час руху по криволінійній траєкторії згідно з умовами бічного перекидання $V_{пер}$ і ковзання $V_{ков}$:

$$V_{пер} = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_g}}, \text{ м/с}$$

$$V_{ков} = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi}, \text{ м/с}$$

де R - радіус кривизни полотна дороги в плані, м;

$B = 1,8$ - ширина колії автомобіля, м;

$h_g = 1$ - висота центра мас автомобіля, м;

$\varphi = 0,6$ - коефіцієнт зчеплення (асфальт, асфальтобетон).

Таблиця 3.6.

Розрахунки значень $V_{\text{пер}}$ і $V_{\text{ков}}$ для значень R (20, 40, 60, 80, 100м).

R , м	20	40	60	80	100
$V_{\text{пер}}$,м/с	12,99	18,37	22,49	25,97	29,04
$V_{\text{ков}}$,м/с	10,84	15,33	18,78	21,68	24,24

3.3.5. Керованість автомобіля [3, 4]

Керованість автомобіля визначаємо мірою відповідності траєкторії його руху положенню керованих коліс. Її оцінюємо критичними швидкостями руху по боковому ковзанню $V_{\text{кер}}$ і по збоченню $V_{\text{зб}}$ коліс, а також радіусом повороту автомобіля R_e .

Критична швидкість з умов керованості дорівнює:

$$V_{\text{кер}} = \sqrt{\left[\frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{\text{tg}\theta} - f \right] L \cdot g \cdot \cos\theta, \text{ м/с}}$$

де $\varphi = 0,6$ - коефіцієнт зчеплення шин з дорогою;

$f = 0,02$ - коефіцієнт опору коченню коліс;

$L = 3,2$ - повздовжня база автомобіля, м;

θ - середній кут повороту керованих коліс автомобіля, град.

Графік залежності $V_{\text{кер}i} = f(\theta)$ будуємо після обчислення $V_{\text{кер}}$ і при значеннях $\theta = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40^\circ$.

Таблиця 3.7.

θ , град	5	10	15	20	25	30	35	40
$V_{\text{кер}}$, м/с	14,4	10,1	8,1	6,8	5,9	5,2	4,6	4

Під час руху автомобіля зі швидкістю більшою, ніж $V_{\text{кер}}$, керовані колеса будуть ковзати в поперечному напрямі і поворот їх на ще більший кут не приведе до зміни загального напрямку руху.

Радіус повороту автомобіля з еластичними шинами дорівнює:

$$R_e = \frac{L}{\text{tg}(\theta - \delta_1) + \text{tg}\delta_2}, \text{ м}$$

де

$$\delta_1 = \frac{P_{\delta_1}}{\sum K_{\delta_1 i}}; \delta_2 = \frac{P_{\delta_2}}{\sum K_{\delta_2 i}} - \text{кути бокового збочення відповідно передніх і задніх}$$

колес, град;

P_{δ_1} , P_{δ_2} - бокові сили, які діють на колеса відповідно передньої і задньої осей автомобіля, Н;

$K_{\delta_1 i}$, $K_{\delta_2 i}$ - коефіцієнти опору збоченню одного одинарного колеса відповідно передньої і задньої осі, Н/град (для колеса, вантажного автомобіля значення $K_{\delta i}$ дорівнює - 800...1500 Н/град), приймаємо $K_{\delta i} = 0,8$ кН/град.

$\theta = 20^\circ$ - приймаємо середній кут повороту керованих колес автомобіля, град.

Граничні значення бокових сил, при яких колеса котяться без бокового ковзання:

$$P_{\delta_1} = 0.4P_{\varphi_1} = 0.4 \cdot 10,62 = 4,28 \text{ кН}$$

$$P_{\delta_2} = 0.4P_{\varphi_2} = 0.4 \cdot 11,9 = 4,76 \text{ кН}$$

де $P_{\varphi_1} = \varphi G_1 = 0,6 \cdot 17,7 = 10,62 \text{ кН}$, $P_{\varphi_2} = \varphi G_2 = 0,6 \cdot 19,9 = 11,9 \text{ кН}$ - сили зчеплення з полотном дороги колес відповідно передньої і задньої осей.

$$\delta_1 = \frac{P_{\delta_1}}{\sum K_{\delta_1 i}} = \frac{4,28}{2 \cdot 0,8} = 2,6 \text{ град}$$

$$\delta_2 = \frac{P_{\delta_2}}{\sum K_{\delta_2 i}} = \frac{4,76}{4 \cdot 0,8} = 2,9 \text{ град}$$

$$R_e = \frac{L}{\text{tg}(\theta - \delta_1) + \text{tg}\delta_2} = \frac{3,2}{\text{tg}(20 - 2,6) + \text{tg}2,9} = 9,82 \text{ м}$$

Після визначення кутів бокового збочення колес δ_1 і δ_2 обчислюємо радіус повороту автомобіля, що проектується, з еластичними колесами (R_e), з радіусом

повороту автомобіля з жорсткими (в бічному напрямі) колесами (R), який дорівнює:

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{3,2}{\operatorname{tg} 20} = 9,84 \text{ м}$$

Порівнюємо отримані R_e і R . Керованість автомобіля при $R_e = R$ – нейтральна.

3.3.6. Побудова паливно-швидкісної характеристики автомобіля [3, 4]

Для побудови паливно-економічної характеристики автомобіля використовують залежність:

$$Q_s = \frac{q_N \cdot K_\omega^Q \cdot K_B}{3,6 \cdot 10^4 \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \rho_{\text{п}}} (P_\psi + P_{W_i}), \text{ л/100км}$$

де $q_N = 225$ - питома витрата при максимальній потужності двигуна, г/кВт·год;

ρ - питома вага палива, г/см³ (для бензину $\rho_{\text{б}} = 0,75$ г/см³);

$\eta_{\text{тр}} = 0,85$ - ККД трансмісії;

K_ω^Q - коефіцієнт, який враховує зміну питомої витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого вала двигуна (визначаємо за графіком рис.3.7.);

K_B - коефіцієнт впливу ступеня використання потужності двигуна (визначаємо за графіком рис.3.8.).

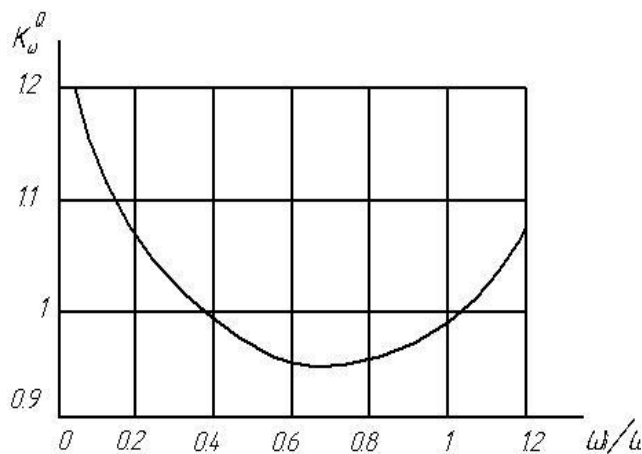


Рис. 3.7. Графік залежності коефіцієнта зміни питомої витрати палива від частоти обертання колінчастого вала

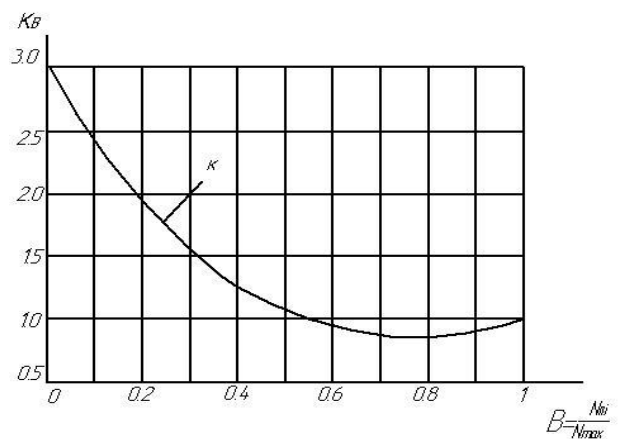


Рис. 3.8. Графік залежності коефіцієнта впливу ступеня використання потужності двигуна

Після підрахування сил і потужності

$$P_{\psi} = \psi \cdot G_a = 0,028 \cdot 37700 = 1055 H$$

$$P_{wi} = W \cdot V_i^2$$

$$N_{\pi i} = \frac{\psi_i \cdot G_a \cdot V_i + P_{wi} \cdot V_i}{1000 \cdot \eta_{TP}}$$

де $N_{\pi i}$ - потужність, яку повинен розвинути двигун при русі автомобіля по дорозі з коефіцієнтом опору $\psi = 0,02$ зі швидкістю V_i . Значення P_{ψ} , P_{wi} та $N_{\pi i}$ заносимо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8.

До визначення показників паливно-швидкісної характеристики автомобіля

Показник		Числове значення								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ω_s, c^{-1}		48	72	96	120	144	168	192	216	240
$\frac{\omega_i}{\omega_N}$		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
V_{ai}	м/с	2,7	5,5	8,3	11,1	13,8	16,6	19,4	22,2	25
	км/го	9,72	19,8	29,8	39,9	49,6	59,7	69,8	79,9	90
	Д									
$N_{ei}, кВт$		10,6	17,01	23,74	30,475	36,88	42,66	47,48	51,03	53,0
K_{ω}^Q		1,12	1,07	1,03	0,99	0,97	0,96	0,96	0,97	0,98
K_{Bi}		2,40	1,90	1,60	1,30	1,10	0,90	0,80	0,80	0,90
$N_{\pi i}, кВт$		2,42	5,11	8,16	11,7	15,95	21,1	27,51	35,13	42,23
$Q_s,$ л/100км		18,16	13,23	10,74	8,74	7,80	7,056	7,21	8,60	11,75

Паливно-швидкісна характеристика автомобіля показана на рис. 3.9.

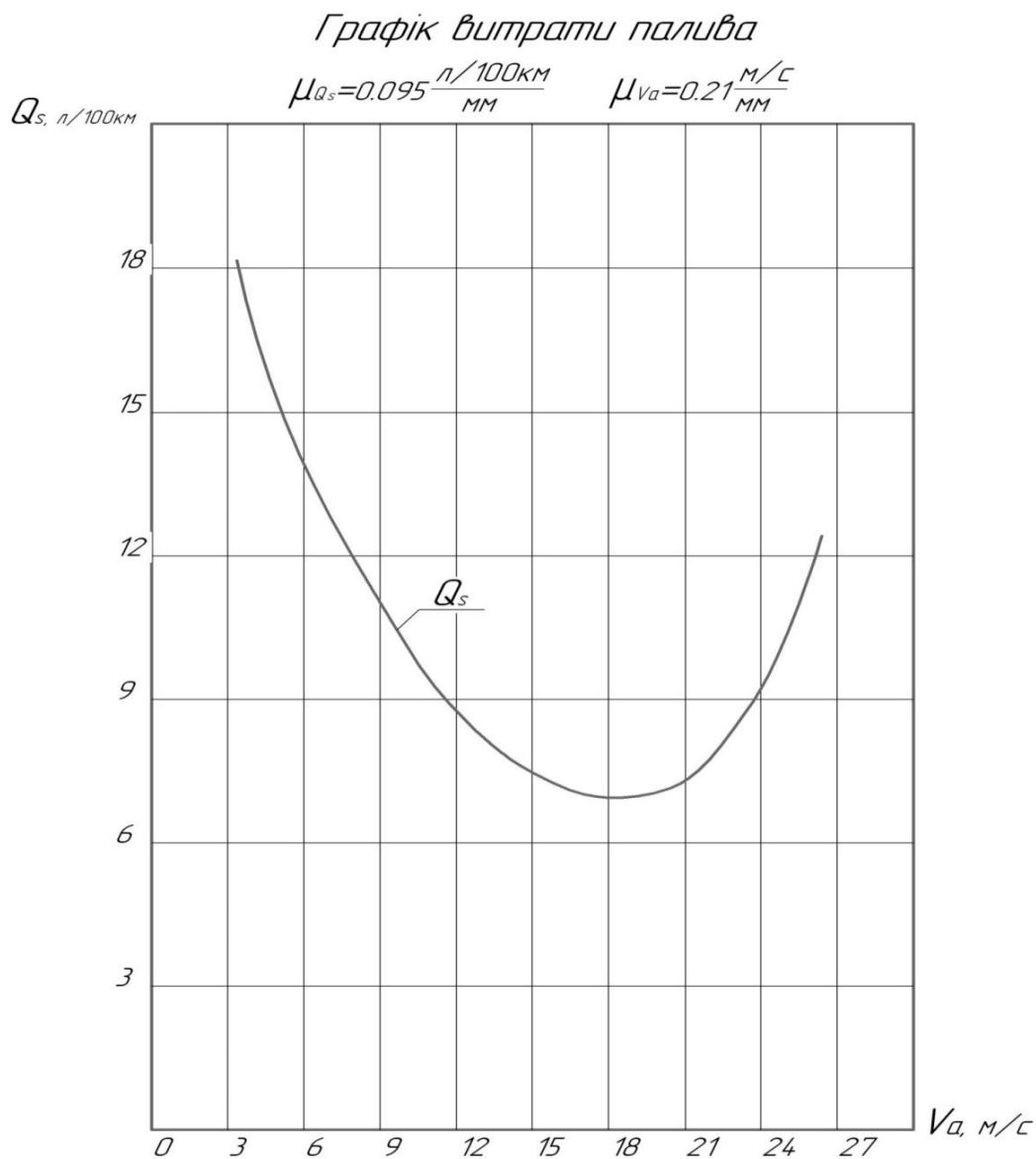


Рис. 3.9. Паливно-швидкісна характеристика

3.3.7. Плавність ходу автомобіля [3, 4]

Плавність ходу автомобіля при його коливаннях оцінюється:

- частотою вільних коливань підресорених мас;
- частотою вільних коливань непідресорених мас;
- прискоренням підресорених мас;
- швидкістю зміни прискорення підресорених мас.

Частота вільних коливань підресорених мас автомобіля може бути визначена з виразу:

$$v_f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}}$$

де $f_{\text{ст}}$ – статичний прогин підвіски, м. $f_{\text{ст}} = 0.18$ м – для задньої підвіски; $f_{\text{ст}} = 0.23$ м – для передньої підвіски;

$$v_{\text{п}}^{\text{пер}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14} \sqrt{\frac{9.81}{0.23}} = 1.03 \text{ Гц}$$

$$v_{\text{п}}^{\text{зад}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14} \sqrt{\frac{9.81}{0.18}} = 1.17 \text{ Гц}$$

Плавність ходу задовольняє, якщо:

$v_{\text{п}} = 0.8 \dots 1.3$ Гц - для легкового автомобіля;

$v_{\text{п}} = 1.2 \dots 1.8$ Гц - для вантажного автомобіля;

Частота вільних коливань невідпружених мас автомобіля дорівнює:

$$v_{\text{в}}^{\text{пер}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum C_{\text{ш}}}{m_{\text{м}}^{\text{пер}}}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14} \cdot \sqrt{\frac{560000}{150}} = 9.7 \text{ Гц}$$

$$v_{\text{в}}^{\text{зад}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum C_{\text{ш}}}{m_{\text{м}}^{\text{зад}}}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14} \cdot \sqrt{\frac{560000}{130}} = 10.4 \text{ Гц}$$

де $\sum C_{\text{ш}}^{\text{пер}} = 2 \cdot C_{\text{ш}} = 2 \cdot 280000 = 560000 \text{ Н/м}$ - сумарна жорсткість шин моста;

$m_{\text{м}}^{\text{пер}} = 150 \text{ кг}$ - маса переднього моста,

$m_{\text{м}}^{\text{зад}} = 130 \text{ кг}$ - маса заднього моста.

Жорсткість однієї шини визначити із залежності:

$$C_{\text{ш}} = \frac{G_{\text{ш max}}}{(D_{\text{в}}/2) - r_{\text{с}}} = \frac{14 \cdot 10^3}{\frac{0.972}{2} - 0.457} = 280000 \text{ Н/м}$$

де $G_{\text{ш max}}$ - максимальне припустиме навантаження на шину, Н;

$D_{\text{в}}$ - зовнішній діаметр шини при макс. тиску без навантаження, м;

$r_{\text{с}}$ - статичний радіус шини при максимальному тиску і навантаженні, м.

Під час руху автомобіля по дорозі, яка має нерівності, він здійснює вимушені коливання, частота і амплітуда яких залежить від швидкості руху автомобіля, висоти і довжини хвиль нерівностей на дорозі.

Частота вимушених коливань в цьому випадку дорівнює:

$$v_{\text{вим}} = \frac{V_a}{S}$$

де V_a - швидкість руху автомобіля, м/с;

S - довжина хвилі нерівності на дорозі, м ($S_m=0,5...5\text{м}$).

Таблиця 3.9.

$V_a, \text{м/с}$	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
$S, \text{м}$	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
$v_{\text{вим}} \text{Гц}$	0,50	1,11	1,88	2,86	4,17	6,00	8,75	13,33	22,50	50,00

Під час руху автомобіля можуть виникнути резонансні явища (низькочастотні - $v_n = v_{\epsilon}$; високочастотні - $v_i = v_{\hat{a}}$), що мають місце при відповідних швидкостях руху автомобіля:

$$V_{p_1} = v_n^{\text{нep}} \cdot S; V_{p_2} = v_n^{\text{зад}} \cdot S \quad \text{і} \quad V'_{p_1} = v_{\epsilon}^{\text{нep}} \cdot S; V'_{p_2} = v_{\epsilon}^{\text{зад}} \cdot S$$

Таблиця 3.10.

$S, \text{м}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
V_{p_1}	0,515	1,03	1,54	2,06	2,57	3,09	3,6	4,12	4,63	5,15
V_{p_2}	0,585	1,17	1,75	2,34	2,92	3,51	4,09	4,68	5,26	5,85
V'_{p_1}	4,85	9,7	14,55	19,4	24,25	29,1	33,95	38,8	43,65	48,5
V'_{p_2}	5,2	10,4	15,6	20,8	26	31,2	36,4	41,6	46,8	52

4. Обґрунтування вимог до конструкції автомобіля швидкої допомоги.

Військові автомобілі швидкої допомоги відіграють важливу роль у наданні медичної допомоги на полі бою та в екстремальних умовах. Вони забезпечують швидке транспортування поранених, надання першої медичної допомоги та евакуацію до стаціонарних медичних закладів. Конструкція таких автомобілів має відповідати специфічним вимогам щодо мобільності, захисту, медичного оснащення та автономності. Обґрунтування вимог до їхньої конструкції є необхідним для забезпечення ефективного функціонування військових медичних служб.

У бойових умовах швидкість та ефективність медичної евакуації мають критичне значення для виживання поранених. Автомобіль швидкої допомоги повинен бути адаптований до динамічно змінюваних ситуацій, забезпечувати безпеку як пацієнтів, так і медичного персоналу, а також відповідати суворим стандартам витривалості та надійності. Військові реалії вимагають високого рівня автономності транспортних засобів медичного призначення, що дає змогу виконувати медичні операції у віддалених та важкодоступних місцях без необхідності постійної логістичної підтримки.

4.1. Компонувальні схеми автомобілів швидкої допомоги [7-12]

Автомобілі швидкої допомоги відіграють важливу роль у наданні екстреної медичної допомоги та транспортуванні пацієнтів до медичних закладів. Одним із ключових аспектів їх ефективності є компонентна схема, яка визначає розташування медичного обладнання, зручність роботи медичного персоналу та загальну функціональність транспортного засобу. Вибір оптимальної компонентної схеми залежить від призначення автомобіля, умов експлуатації та рівня оснащення.

Основні компонентні схеми

1. Фургонна схема (Van-based)

Найпоширеніший варіант для міських і приміських перевезень.

Основа – серійні фургони, переобладнані для медичних потреб.

Включає окремий відсік для пацієнта, медичне обладнання та місце для двох-чотирьох членів екіпажу.

Переваги: компактність, маневреність, економічність.

Недоліки: обмежений внутрішній простір, складність доступу до пацієнта під час руху.



2. Кабіна-шасі (Cab-Chassis)

Використовує вантажне шасі з окремо розробленим медичним модулем.

Забезпечує просторий внутрішній простір для медичних процедур.

Має кращу ізоляцію від шуму та вібрацій.

Переваги: велика місткість, можливість перевезення кількох пацієнтів одночасно, зручний доступ до обладнання.

Недоліки: вища вартість, збільшені габарити, що ускладнює маневрування в місті.



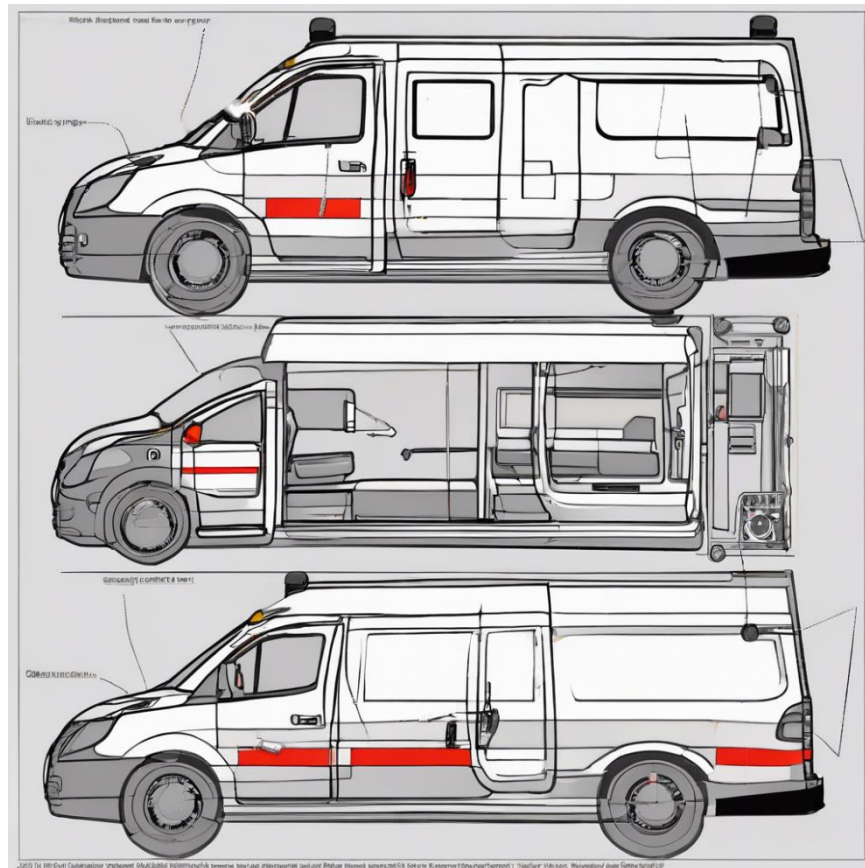
3. Монококова схема (Integrated Body)

Вся конструкція автомобіля є єдиним блоком без поділу на окремі модулі.

Використовується у спеціалізованих реанімобілях.

Переваги: висока міцність, знижена вага, покращена безпека.

Недоліки: обмежені можливості модифікації, висока вартість виробництва.



4. Позашляхові автомобілі швидкої допомоги

Призначені для використання в умовах бездоріжжя, військових операцій або важкодоступних регіонів.

Оснащені повним приводом, посиленою підвіскою, додатковим захистом кузова.

Переваги: висока прохідність, автономність.

Недоліки: обмежений внутрішній простір, вищі витрати на експлуатацію.



5. Модульні швидкі допомоги (Modular System Ambulances)

Використовують змінні модулі для різних типів медичних завдань.

Дозволяють швидку адаптацію під конкретні потреби.

Переваги: гнучкість використання, можливість оперативного переобладнання.

Недоліки: складність у виробництві, необхідність спеціалізованого технічного обслуговування.

Компонувальна схема автомобіля швидкої допомоги визначає його функціональність, комфортність роботи медичного персоналу та ефективність надання медичної допомоги. Вибір оптимальної схеми залежить від умов експлуатації, вимог до транспортування пацієнтів та особливостей медичного обладнання. Подальший розвиток технологій у цій сфері дозволить створювати ще більш ефективні та адаптовані моделі автомобілів швидкої допомоги.

5. Розробка конструкції гальмівного механізму задніх коліс

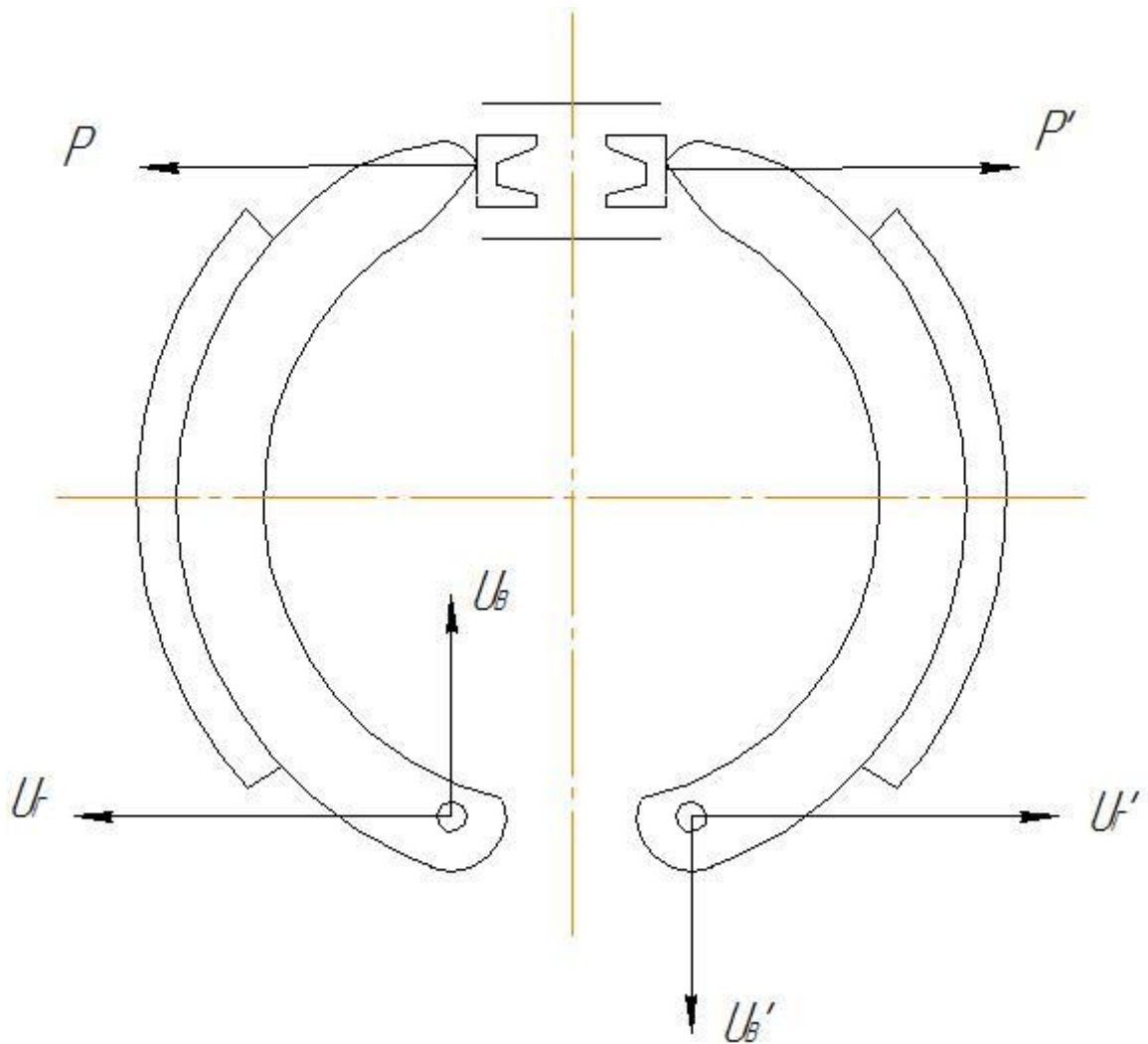


Рис. 5.1. Схема гальмівних колодкових механізмів

Гальмовий момент на колесі автомобіля дорівнює:

$$M_{\tau} = Z_{\tau} r_g \varphi_{розр} = 19980 \cdot 0,457 \cdot 0,09 = 821,7 \text{ Нм}$$

де $Z_{\tau} = 65300 \text{ Н}$ - вертикальна реакція опорної поверхні,

$r_g = 0,457 \text{ м}$ - динамічний радіус колеса;

$\varphi_{розр} = 0,6$ - розрахункове значення коефіцієнту зчеплення.

Значення реакцій опорної поверхні до коліс передньої $Z_{\tau 1}$ і задньої осі $Z_{\tau 2}$ визначаються із виразів:

$$Z_{\tau 1} = \frac{G_a}{2} \left(\frac{b + \varphi_{\text{роздр}} h_g}{L} \right) = \frac{35500}{2} \left(\frac{1504 + 0,09 \cdot 1000}{3200} \right) = 9389 \text{ Н} ;$$

$$Z_{\tau 2} = \frac{G_a}{2} \left(\frac{a - \varphi_{\text{роздр}} h_g}{L} \right) = \frac{35500}{2} \left(\frac{1696 - 0,09 \cdot 1000}{3200} \right) = 9460 \text{ Н}$$

де $G_a = 35500 \text{ Н}$ – повна вага автомобіля;

$L = 3200 \text{ мм}$ – повздовжня база автомобіля;

$a = 1696 \text{ мм}$, $b = 1504 \text{ мм}$ – відповідно відстань від вертикалі центру мас автомобіля до осей коліс передньої і задньої осей;

$h_g = 1000 \text{ мм}$ - висота центру мас автомобіля;

Гальмовий момент коліс задніх коліс в разі гальмування їх стоянковим гальмом дорівнює:

$$M'_\tau = \frac{G_a}{L} (h_g \sin \alpha + a \cos \alpha) \varphi_{\text{роздр}} r_g = \frac{35500}{3,2} (1 \cdot 0,224 + 1,6 \cdot 0,974) 0,09 \cdot 0,457 = 1454 \text{ Нм}$$

де $\alpha = 31^\circ$ – кут ухилу дороги

Кінематичне i_k і силове i_p числа гальмового приводу визначаємо за виразами:

$$u_k = \frac{S_n}{\sum S_k} = \frac{80}{4} = 20 ;$$

$$u_p = \frac{\sum P_{ГМ}}{P_{ПЕД}} ;$$

де $S_n = 80 \text{ мм}$ - робочий хід педалі або важелів гальма ;

$\sum S_k = 4 \text{ мм}$ - сумарне переміщення кінців колодок у місці їх з'єднання з поршнями або розтискними кусаками;

Згідно діючих нормативів силове передаточне число гідравлічного гальмового приводу повинно бути $u_p = 30 \dots 40$, тиск робочої рідини в гальмовій системі $P_{\text{нов}} = 2 \dots 3 \text{ МПа}$.

$$u_p = 35$$

$$P_{\text{нов}} = 2,5 \text{ МПа}$$

Діаметр колісного гальмівного циліндра

$$d = \sqrt{P/(0.25\pi p)}$$

$$d = \sqrt{\frac{500}{0.25 \cdot 3.14 \cdot 9}} = 34,62 \text{ мм}$$

Обираємо 35 мм

P - привідна сила

p - тиск рідини в циліндрі, 8-12 МПа

Ширина поршня

$$B = 0.5d$$

$$B = 0.5 \cdot 35 = 17.5 \text{ мм}$$

Обираємо 18 мм

Діаметр гальмівного барабану обираємо на 40-60 мм менше від діаметру диску, для того щоб була достатня вентиляція D=340 мм

Розрахунок деталей на міцність

Розрахунок на міцність при стисканні розжимного стержня

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma],$$

де N - Поздовжня сила = 25 кН

A - площа поперечного перерізу

[σ] - допустима границя міцності = 100 МПа

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 11^2}{4} = 1519 \text{ мм}^2$$

$$\sigma = \frac{25 \cdot 10^3}{1519} = 16,5 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються.

Розрахунок пружини на міцність

P1 - Сила попередньої деформації пружини = 5 Н

P2 - сила пружини при робочій деформації = 7.5 Н

D - діаметр пружини = 1.5 мм

Розрахунок граничної сили максимальної деформації

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta_{\min}} \dots \frac{P_1}{1 - \delta_{\max}}$$

δ - відносний інерційний зазор = 0,05...0,1

$$P_3 = \frac{7.5}{1 - 0,05} \dots \frac{5}{1 - 0,1} = 7.8 \dots 5.5 \text{ Н}$$

$$\tau = \frac{16PR}{\pi d^3} \leq [\tau]$$

$$[\tau] = 150 \text{ МПа}$$

$$R = \frac{P}{2} = \frac{5.5}{2} = 2.75 \text{ Н}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 5.5 \cdot 2.75}{3,14 \cdot 1.5^3} = 24.5 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються.

Висновки

1. Проведено аналіз історії створення автомобілів швидкої допомоги. Встановлено, що значну роль у розвитку автомобілів швидкої допомоги відігравали військові потреби.
2. Проаналізовано загальні вимоги до автомобілів швидкої допомоги, вимоги до масових і габаритних характеристик автомобілів швидкої допомоги. Визначено характеристики та основні експлуатаційні властивості пропонованого автомобіля.
3. Обґрунтовано вимоги до конструкцій автомобілів швидкої допомоги. Наведено варіанти компоновальних схем автомобілів швидкої допомоги.
4. Проведено розрахунки основних характеристики гальмівного механізму задніх коліс. Визначено розміри основних його деталей.

Список використаної літератури.

1. ДСТУ EN 1789 Medical vehicles and their equipment Road ambulances (Медичні транспортні засоби та їх обладнання. Дорожні машини швидкої медичної допомоги).
2. Грубель М.Г., Назаркевич С.М., Зіркевич В.М. Автомобілі (Теорія експлуатаційних властивостей): Курс лекцій. – Львів: АСВ. 2011 – 153с.
3. Зіркевич В.М. Експлуатаційні властивості автомобіля: Збірник задач / [В.М. Зіркевич, М.Г. Грубель, І.Р. Вайда]. – Львів: АСВ. 2014 – 88с.
4. Грубель М.Г., Зіркевич В.М., Попович В.В. Конструкція та розрахунок автомобіля: Курс лекцій / М.Г. Грубель, В.М. Зіркевич, В.В. Попович. – Львів: АСВ. 2012 – 216с.
5. ДСТУ EN 1865-1:2017 (EN 1865-1:2010 + A1:2015 IDT) «Засоби переміщення пацієнтів, що застосовують у спеціалізованих автомобілях швидкої медичної допомоги»
6. ДСТУ EN 1865-5:2015 «Засоби переміщення пацієнтів, застосовані у спеціальних автомобілях швидкої допомоги».
7. <https://ksenkoautoproduction.com/istoriya-shvydkoyi-dopomogy/>
8. [HTTPS://UK.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97)
9. [HTTPS://THK.KIEV.UA/UA/SAMYE-POPULJARNYE-MODELI-AVTOMOBILEJ-SKOROJ-POMOSCHI](https://thk.kiev.ua/ua/samye-populjarnye-modeli-avtomobilej-skoroj-pomoschi)
10. [HTTPS://AVTOSPETSROM.COM/UA/PRODUCTS](https://avtospetsprom.com/ua/products)
11. [HTTPS://MIL.IN.UA/UK/TAG/SANITARNYY-AVTOMOBIL/](https://mil.in.ua/uk/tag/sanitarnyy-avtomobil/)
12. [HTTPS://MIL.IN.UA/UK/AVTOZAVOD-BOHDAN-VIDPRAVLYAYE-DO-ZBROYNYYH-SYL-PERSHU-PARTIYU-SANITARNYYH-MASHYN-BOHDAN-2251/](https://mil.in.ua/uk/avtozavod-bohdan-vidpravlyaye-do-zbroynyh-syl-pershу-partiyu-sanitarnyh-mashyn-bohdan-2251/)