


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



Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему «**Підвищення екологічної безпеки автомобілів в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Транзит ІО» місто Вінниця»**»

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-19 м спеціальності
274 – Автомобільний транспорт
Марценюк О.С.

Керівник: д.т.н., професор
Макаров В.А.

Рецензент: _____

Вінниця – 2020 року

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів і загальних висновків. Загальний обсяг роботи 85 сторінок, у тому числі 18 рисунків, 9 таблиць, 17 літературних джерел.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є аспекти підвищення рівня екологічної безпеки функціонування автомобіля.

Робота складається з 5 розділів: 1. Особливості розвитку ТОВ "Транзит ІО"; 2. Розрахунок системи технічних впливів на СТО з урахуванням невизначеності подій; 3. Дослідження показників курсової стійкості руху легкового автомобіля з урахуванням технічного стану шин; 4. Аналітичне дослідження негативного впливу автомобіля на довкілля; 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження - екологічна безпека функціонування автомобілів.

Метою роботи є оцінка напрямів розвитку екологічної безпеки автомобілів з технічною підтримкою станції технічного обслуговування.

В роботі виконаний дослідницький аналіз впливу технічних параметрів шин на підвищення екологічної безпеки довкілля.

ABSTRACT

Master's degree qualifying work consists of entry, 5 sections and general conclusions. The complete volume of work 85 p., including 18 pict., 9 tabl., 17 literary sources.

The subject of the master's qualification work are aspects of improving the level of environmental safety of the car.

The work consists of 5 sections: 1. Features of development of LLC "Transit IO"; 2. Calculation of the system of technical influences at the service station, taking into account the uncertainty of events; 3. Research of indicators of course stability of movement of the car taking into account a technical condition of tires; 4. Analytical study of the negative impact of the car on the environment; 5. Occupational health and safety in emergencies.

The object of study - the environmental safety of cars.

The purpose of the work is to assess the directions of development of ecological safety of cars with technical support of the service station.

The research analysis of the influence of technical parameters of tires on the increase of ecological safety of the environment is performed in the work.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТОВ"ТРАНЗИТ ІО"	11
1.1 Основні аспекти технічного забезпечення діяльності СТО	10
1.2 Оцінка необхідності впливу дій технічної служби СТО на екологічну безпеку автомобілів	14
1.3. Висновки до розділу 1	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА СТО З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОДІЙ	17
2.1 Розрахунок потоку послуг в СТО	18
2.2 Розрахунок кількості вимог за нормативними показниками	19
2.3 Розрахунок продуктивності роботи системи технічних впливів	20
2.4 Розрахунок термінів обслуговування (ремонту)	22
2.5 Розрахунок ефективності функціонування системи	22
2.6 Розрахунок продуктивності системи виконання технічних впливів	23
2.7 Розрахунок характеристик ефективності використання системи	25
2.8 Визначення технологічно необхідної кількості постів	29
2.9 Оптимізація роботи системи СТО	30
2.10 Обґрунтування втрачених коштів	30
2.11 Результати проведених розрахунків	31
2.12 Висновки до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШИН	37
3.1. Визначення параметрів, які входять до математичної моделі	37
3.2. Методика аналізу курсової стійкості руху автомобіля за допомогою математичної моделі з урахуванням поворотного колісного модуля	42

3.2.1. Оцінка стійкості руху системи за допомогою матриці Якобі.....	43
3.2.2. Оцінка стійкості системи за допомогою критерію Гурвіца.....	45
3.2.3. Чисельний розв'язок системи диференціальних рівнянь руху.....	46
3.2.4. Використання фазових портретів для оцінки курсової стійкості руху моделі автомобіля.....	48
3.3. Визначення критичної швидкості прямолінійного руху автомобіля.....	52
3.4 Аналіз поведінки моделі автомобіля з керуючим колісним модулем у випадку дії збурюючого впливу.....	55
3.5. Вибір розташування шин зі зносом протектора на автомобілі.....	56
3.6. Висновки до розділу 3.....	57
РОЗДІЛ 4. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЯ НА ДОВКІЛЛЯ	59
4.1 Огляд загальних питань.....	59
4.2. Дослідження шкідливих викидів двигунами у навколишнє середовище.....	62
4.3. Аналіз існуючих їздових циклів і перехід до досліджуваного циклу.....	64
4.4 Вплив експлуатаційних факторів на кількість шкідливих викидів і витрата палива.....	70
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
5.1 Аналіз умов праці.....	72
5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	72
5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	79
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	80
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Натепер, актуальним глобальним напрямом наукового дослідження є аналіз аспектів зниження негативного впливу на ноосферу невинно зростаючої діяльності мешканців Землі [1]. Колосальними факторами, що змінюють природу є наука і техніка. Їх неможливо розділити за величиною впливу, але вони разом можуть обумовити розквіт планети до високого рівня, або інакше – знищити все існуюче.

На сьогодні, вагомою характеристикою стану природи є клімат Землі, тобто стійкий планетарний режим метеорологічних процесів, на які значуще впливає суспільна господарська діяльність. Вона порушує озоновий шар атмосфери, створює опустелювання земної поверхні, обумовлює вагомі викиди парникових газів тощо. Кількісним показником стану клімату є температура різних компонентів планетарної системи:

- температура поверхні планети, яка зросла з 1880 до 2012 року на $0,8^{\circ}\text{C}$;
- глобальна середня температура, що за останні 130 років збільшувалася на $0,06^{\circ}\text{C}$ за десятиріччя (з 1970 – на $0,16^{\circ}\text{C}$) [2];
- аномальне зростання температури на $2,4^{\circ}\text{C}$ було зафіксовано з 1958 року по 2010 рік на заході Антарктиди [2];

Всупереч попереднім прогнозам, глобальне підвищення температури на 2°C буде мати катастрофічні наслідки.[8] За вимогами міжнародної групи експертів дослідників клімату (МГЕІК) слід зупинити зростання температури на межі $1,5^{\circ}\text{C}$, інакше будуть неминучими колосальні хаотичні зміни клімату.

Серед розглянутих галузей, які в змозі суттєво вплинути на ефективність утримання глобального потепління на рівні до $1,5^{\circ}\text{C}$, значущу роль грає транспорт, який вагомо визначає стан сільського господарства [4]. Учбовий посібник "Agrarwende" [6] визначив дорожню карту з маршрутами,

які ведуть до створення екологічно чистого сільського господарства (СГ) Німеччини в 2050 році.

Дослідники оцінюють показники теперішнього стану СГ в Україні. Аграрний сектор дуже чутливий до дії низки факторів: рівня вологи, коливань температури, структури ґрунту тощо. Засуха і висока температура повітря в 2019 – 2020 роки обумовили запал зерна, зменшення його маси і значуще зниження врожаю [7]. Багато негативних наслідків визивають натепер передбачувані пилові бурі, шалені дощі та градобої. В наступні роки прогнозують ускладнення кліматичних змін: появу смерчів, які підіймають шари ґрунту з орної землі; інтенсифікацію блискавок, що рушать дерева, транспортні засоби, вбивають людей і тварин. Можливо через 5 – 6 років настане повна деградація орного шару землі.

Нижче виконаний аналіз аспектів раціонального прогресу транспортної галузі, яка є життєво необхідною для існування здорового суспільства і розвинутої господарчої діяльності планети. Теперішній транспорт достатньо забезпечує означені глобальні завдання з мобільності населення, але його негативний вплив на погіршення клімату Землі є одним з самих вагомих: інтенсивна мобільність населення обумовлює зростання кількості автомобілів. Тому, підвищення екологічної безпеки руху автотransпортних засобів є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з науковим напрямом роботи кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного транспортного університету «Покращення експлуатаційних властивостей автомобілів та методів їх дослідження».

Мета дослідження – оцінка напрямів розвитку екологічної безпеки автомобілів з технічною підтримкою СТО.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- аналіз аспектів функціонування СТО ;

- визначення основних дій водіїв автомобілів та робітників СТО, що сприяють ефективності процесу підвищення екологічної безпеки автомобілів;
- розрахунок параметрів функціонування зони ТО і ПР в умовах СТО;
- аналітичне дослідження основних нових аспектів дій спеціалістів технічної служби станції з підвищення екологічної безпеки автомобілів;
- формування загального спектру векторів технічних робіт, що сприяють екологічній безпеці автомобілів;
- вирішення питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – екологічна безпека функціонування автомобілів.

Предмет дослідження – аспекти підвищення рівня екологічної безпеки функціонування АТЗ.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є використання системного підходу, аналізу стійкості руху АТЗ. Використані фрагменти методів теорій старіння та зношування елементів.

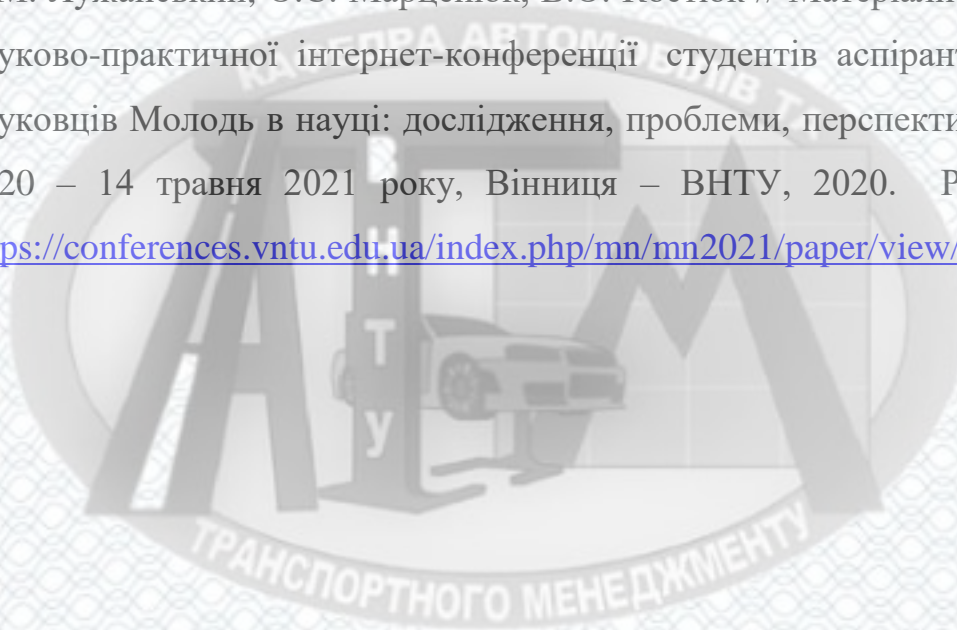
Наукова новизна одержаних результатів полягає в дослідницькому аналізі впливу технічних параметрів шин, які визначають стійкість руху автомобілів і регулюються спеціалістами СТО, на підвищення екологічної безпеки доквілля.

Особистий внесок магістранта. Аналіз впливу технічних параметрів еластичних рушіїв на стійкість руху АТЗ.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 9 листопада 2020 – 14 травня 2021 року, Вінниця – ВНТУ, 2020.

Вірогідність отриманих результатів забезпечується: коректною постановкою задач дослідження, послідовним і чітким застосуванням аналітичних методів при їх рішенні; збігом результатів для окремих і граничних випадків з відомими з літератури рішеннями; узгодження між собою результатів, отриманих в різних розділах роботи.

Публікації. Лужанський Д. М. Про особливості автобусних шин / Д.М. Лужанський, О.С. Марценюк, В.О. Костюк // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 9 листопада 2020 – 14 травня 2021 року, Вінниця – ВНТУ, 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/10966>.



РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТОВ"ТРАНЗИТ ІО"

1.1 Основні аспекти технічного забезпечення діяльності СТО

Станція технічного обслуговування має вагому виробничо-технічну базу. Необхідним вимогам відповідає виробничий корпус (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд виробничого корпусу СТО

Зона ТО і ПР налічує 5 постів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 - Розміщення постів в зоні виконання технічних впливів

В зоні ТО і ПР можуть надавати послуги різним транспортним засобам (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Піст з електромеханічним піднімачем та вивішеним транспортним засобом

СТО має обладнання контролю геометрії автомобіля (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 - Система для контролю геометрії автомобіля

На СТО виконуються роботи з оцінки та регулювання кутів установки коліс (рис. 1.5).



Рисунок 1.5-Автомобіль на стенді, де виконуються контрольні і регулювальні роботи

На рисунку 1.6 наведена лінія для оцінки ходових властивостей з оглядовою канавою

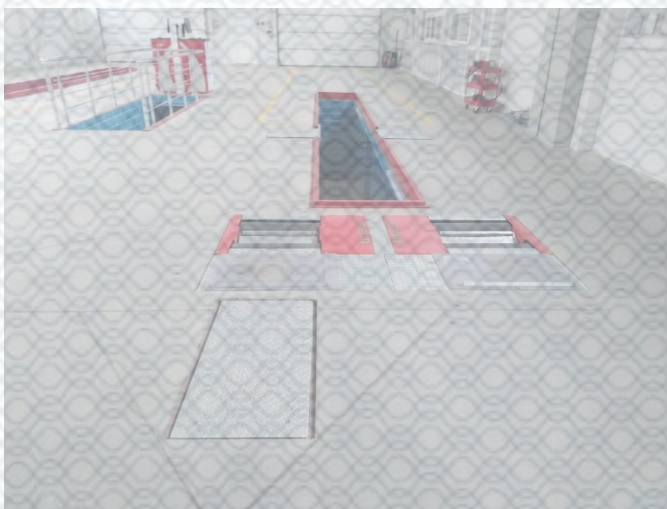


Рисунок 1.6 - Лінія для діагностування гальмівних властивостей, стану амортизаторів, навантаження осей та оцінки відведення

1.2 Оцінка необхідності впливу дій технічної служби СТО на екологічну безпеку автомобілів

Вплив збурюючих викидів автомобілів на навколишнє середовище та людину є значущим і потребує його вивчення та регулювання, в тому числі в умовах СТО.

Автомобільний транспорт має дуже вагомe значення для життя і мобільності людей, а також функціонування суспільного виробництва. При цьому, транспорт є головним планетарним джерелом забруднення навколишнього середовища. На нього припадає до 60-80% забруднень, а в районах найбільшого зосередження людей (курортних містах, уздовж автомагістралей, густонаселених районах тощо) – до 90-95%. Під час експлуатації АТЗ утворюється велика кількість відходів, велику небезпеку серед яких представляють собою зношені автомобільні шини, які складно збирати і утилізувати.

За статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я, ризик виникнення раку у працюючих, зайнятих на виробництві шин, перевищує ризик онкологічних захворювань у мешканця сучасного міста в 8 разів. За винятком викидів відпрацьованих газів, транспортний потік створює значну хмару пилу, що складається більш ніж на 60% з мікроскопічних і ультрамікроскопічних частинок радіусом від 10,0 – 0,25 мкм, які утворюються в результаті зносу дорожнього покриття і гальмівних накладок (при гальмуванні), стирання автомобільних шин (при силовому контакті з дорожнім покриттям). Візуалізація аспектів негативного впливу викидів еластичних рушіїв наведена на (рис. 1.7).

Ще одним аспектом даної роботи є розгляд можливості зниження шкідливих викидів двигунами рухомого складу автомобільного транспорту в експлуатаційних умовах, шляхом організації раціональних технічних впливів на СТО.

Досягти означених результатів можна, також, раціональним вибором експлуатаційних факторів. Відомо, що кількість шкідливих викидів автомобілями в експлуатаційних умовах залежить від багатьох важливих факторів.

Тому представляється важливим визначення оптимального співвідношення експлуатаційних факторів щодо економічності, токсичності рухомого складу при русі.

Завданням роботи є оцінка можливості зниження шкідливих викидів автомобілів завдяки діяльності СТО. Розв'язання завдання досягається також шляхом раціонального керування автомобілем, витримуванням оптимального режиму руху автомобіля, раціональним використанням його вантажопідйомності або пасажиромісності, оптимізацією дорожніх факторів, підтримкою двигунів автомобілів у технічно справному стані при оптимальних регулюваннях систем і механізмів, вибором оптимальних методів регулювання автомобільних двигунів в експлуатаційних умовах.

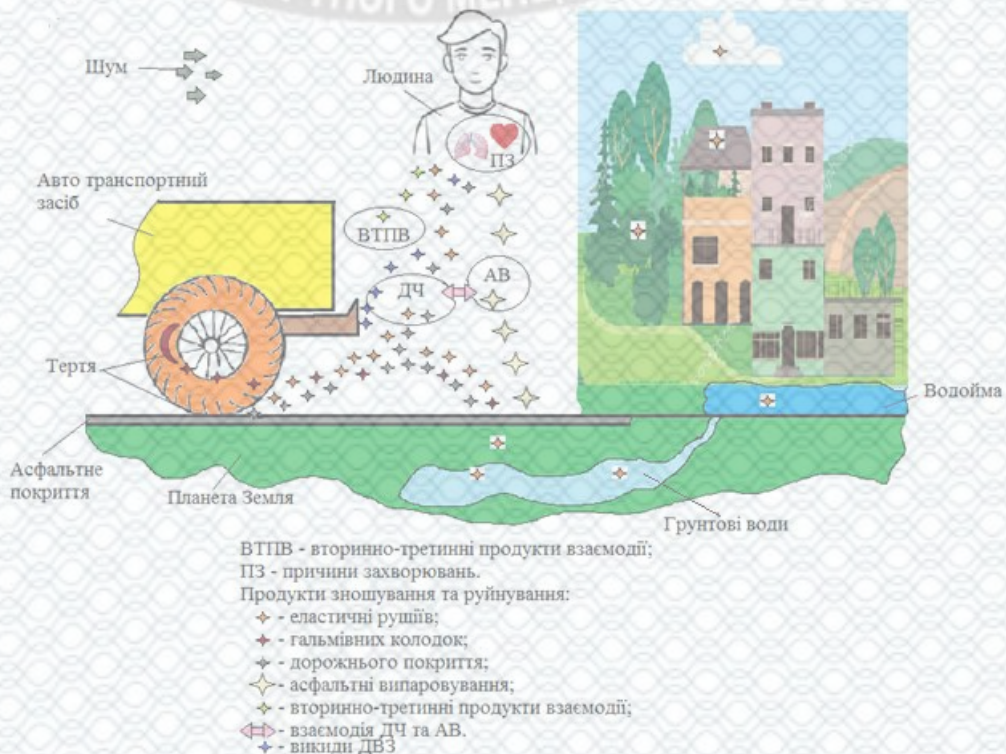


Рисунок 1.7 – Візуалізація впливу негативних викидів на людину та природу

Тому, актуальним на тепер є вивчення способів поводження з токсичними викидами і оцінки впливу цих відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини. Висока екологічна небезпека продуктів зносу шин обумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, з яких вони виготовлені, з іншого - властивостями більше ста хімічних речовин, що виділяються в навколишнє середовище під час експлуатації, обслуговування, ремонту і зберігання шин [18, 19]. У найбільших кількостях виділяються продукти зношування каучуку (мономери), реакційні і токсично-хімічні сполуки (ароматичні вуглеводні – толуол, бензол, ксилол, стирол), канцерогени (феноли, сірковуглець, формальдегід), також попередники канцерогенів - аліфатичні аміни. У повітря також надходять сполуки хлору, сірки і азоту, оксиди металів [20]. Вони підіймаються з повітряними потоками на різні горизонти атмосфери.

1.3 Висновки до розділу 1

1. СТО має виробничий корпус і обладнання, які обумовлюють можливість підтримки та відновлення технічного стану АТЗ для забезпечення роботоздатності автомобілів.
2. Невизначеними є вимоги до раціонального підбору місць установки на АТЗ еластичних рушіїв, що мають різний рівень зносу рисунку протектора. Означене завдання необхідно дослідити в роботі і зробити рекомендації для технічної служби СТО.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА СТО З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОДІЙ

Згідно спостережень, середня інтенсивність руху легкових КТЗ в зоні тяжіння СТО дорівнюється: 10,5; 20 і 25 автомобілів/добу. Для продовження дослідження слід попередньо зробити технологічний розрахунок системи ТО і ПР з урахуванням випадковості подій, що обумовлюють надання послуги автомобілям на СТО.

Теорія масового обслуговування (ТМО) використана для розрахунку зони виконання технічних впливів СТО, тому що вона дозволяє сформувати математичну модель для проведення аналізу ефективності рішень, які приймаються у частині вибору оптимального числа постів. Виконаний аналіз виробничої діяльності СТО свідчить про те, що в її систему ТО та ПР входить випадковий потік вимог з випадковими відмовами, які обумовлюють для свого усунення технічних впливів випадкових за термінами виконання, Останнє обумовлює задіяння великої множини різних технічних рішень. Тому потік випадкових відмов (в свою чергу) формує випадковий потік технічних впливів [15].

Таким чином, процес надходження в систему технічного обслуговування і ремонту автомобільного потоку є імовірнісним. Далі будемо вважати, що в результаті низки припущень, накладення указаних умов на вхідний потік, буде відповідати вимогам стаціонарності, ординарності та відсутності втрат, а система ТО та ПР, що проектується, буде віднесена до системи з очікуванням послуг без втрат.

2.1 Розрахунок потоку послуг в СТО

При стаціонарному процесі обслуговування і ремонту автомобілів, що поступають в систему, потік вимог є Пуассонівським (найпростішим), в якому ймовірність надходження в проміжок часу $(0, t)$ K вимог визначається за формулою:

$$P_K(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^K}{K!} \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (2.1)$$

де $P_K(t)$ - ймовірність надходження K вимог за термін $(0, t)$;

λ - щільність потоку вимог (середнє число вимог, що надходять за одиницю часу).

Величина математичного очікування кількості вимог, що надходять у систему, дорівнює:

$$M(K) = \lambda.$$

При $t = 1$ вираз (2.1) приймає вигляд:

$$P(K) = \frac{\lambda^K}{K!} \cdot e^{-\lambda}. \quad (2.2)$$

Із формули (2.2) випливає, що для повного опису найпростішого потоку вимог на обслуговування або ремонт необхідно знати параметр щільності потоку вимог λ .

Згідно закону великих чисел, при великій кількості вимог на обслуговування або ремонт значення величини N_c (середньодобова кількість

автомобілів, які потребують обслуговування) наближається до її математичного очікування:

$$M(K) = \lambda_i \approx N_{ci}. \quad (2.3)$$

Таким чином, для того, щоб описати потік і мати його характеристику, достатньо знати величину N_{ci} .

Дисперсія випадкової величини K , розподіленої за законом Пуассона, дорівнює її математичному очікуванню $D(K) = \lambda \approx N_c$.

Значення середньоквадратичного відхилення випадкової величини K дорівнює $\sigma_K = \sqrt{N_c}$.

Тому, щільність потоку вимог, що надходять до системи, змінюється у межах:

$$\tilde{N}_c = N_c \pm \sqrt{N_c}. \quad (2.4)$$

Наприклад, якщо $N_c = 9$, то $\tilde{N}_c = 9 \pm 3$ чи $\tilde{N}_c = 6-12$, потік буде змінюватися за величиною в два рази.

Для означеного потоку необхідна відповідна організація робіт в зонах обслуговування та ремонту і достатня для цього виробнича потужність.

2.2 Розрахунок кількості вимог за нормативними показниками

Розрахунок проводиться, при відсутності статистичних даних, за параметрами надійності і є менш точним, ніж розрахунок з урахуванням показників дослідження, що яке було проведено.

Як відмічалось, загальний потік автомобілів, що надходять на автотранспортний комплекс СТО за добу N_C , розраховується від інтенсивності руху автомобілів N на автомобільній дорозі, яка знаходиться в області тяжіння станції.

Потік вимог, що надходять на СТО, розподіляються наступним чином: на ТО – 10% (N_{TO}), на поточний ремонт – 80% (N_{PR}), на діагностування технічного стану АТЗ- біля 10% (N_D):

$$N_C = N_{TO} + N_D + N_{PR}. \quad (2.5)$$

2.3 Розрахунок продуктивності роботи системи технічних впливів

Продуктивність системи обслуговування і ремонту, в першу чергу, залежить від тривалості часу, що витрачається бригадою у складі P_n виконавців на виробництво робіт по обслуговуванню і ремонту автомобілів. За різними причинами (різний вид і важкість відмов, різноманітний технічний стан автомобілів та їх тип тощо) час, який витрачається на обслуговування або ремонт, є випадковою величиною, закони розподілення якої можуть бути визначені різними статистичними методами.

Згідно вимог ТМО, пропускна здатність системи СТО залежить, головним чином від розміру математичного очікування часу обслуговування або ремонту t_i . Характер закону розподілення цього часу здійснює суттєвий вплив на пропускну здатність системи. Тому задаються показовим законом розподілу часу обслуговування, функція якого має наведений нижче вигляд:

$$F(t) = L - \ell^{-\mu t}, \quad (2.6)$$

де μ_i - інтенсивність і-того виду обслуговування або ремонту (середня продуктивність бригади СТО).

Щільність розподілу часу виконання технічного впливу дорівнює:

$$f(t) = \mu \cdot e^{-\mu \cdot t}. \quad (2.7)$$

Математичне очікування часу обслуговування (ремонту) дорівнює:

$$M(t) = t_i^* = \frac{1}{\mu_i}, \quad (2.8)$$

Звідси випливає наступне:

$$\mu_i = \frac{1}{t_i^*}, \frac{1}{\sigma D}.$$

При вибраному показовому законі розподілу, дисперсія тривалості обслуговування або ремонту на універсальних постах дорівнює:

$$D(t) = \frac{1}{\mu_i^2} = [t_i^*]^2; \quad (2.9)$$

$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = t_i^*.$$

Тому, загальний час виконання технічного впливу, з урахуванням дисперсії, дорівнює:

$$\tilde{t}_i^* = t_i^* \pm t_i^* \quad \text{чи} \quad 0 \leq \tilde{t}_i^* \leq 2t_i^*. \quad (2.10)$$

Проведення обслуговування (ремонт) з великим розкидом часу відносно математичного очікування, потребує формування високої системи організації робіт на постах і достатніх резервів робітників та обладнання. Значні розкиди часу потребують особливо ретельних технологічних параметрів системи виконання технічних впливів [15].

2.4 Розрахунок термінів обслуговування (ремонт)

Час, що затрачується на обслуговування або ремонт АТЗ, може визначатися на підставі дослідних даних із виразу:

$$\bar{t}_i^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j^*, \text{ год.}, \quad (2.11)$$

де \bar{t}_i^* - тривалість j -го обслуговування або ремонту в i -ому виді впливу;
 n - загальна кількість технічних впливів.

Якщо статистичні дані відсутні, то в якості величин для визначення часу тривалості обслуговування або ремонту можуть бути, з визначеним припущенням, використані величини нормативної трудомісткості обслуговування або ремонту - t_i .

2.5 Розрахунок ефективності функціонування системи

Під ефективністю роботи системи, слід розуміти характеристики рівня виконання завдань.

Розглянута система обслуговування і ремонту, яка складається з обмеженого числа однотипних постів X , в якій згідно з умовою стаціонарності потоку, прийнято, що обслуговування чи ремонт вважаються закінченими одразу ж після проведення робіт, і автомобіль залишає систему.

Час на транспортування автомобілів з посту на піст і ефективність роботи при цьому не розглядаються.

2.6 Розрахунок продуктивності системи виконання технічних впливів

Розрізняється абсолютна та відносна продуктивність системи. Перша з них характеризує середню кількість заявок, які обслуговуються або відновлюються в одиницю часу, і дорівнює:

$$W_a = \mu \cdot x, \quad (2.12)$$

де X - число робочих постів.

Друга характеризує середнє значення відношення числа автомобілів, що пройшли обслуговування чи ремонт, до числа автомобілів, що прийшли до системи за одиницю часу:

$$W_{\text{отн}} = \frac{\mu \cdot x}{N_c}. \quad (2.13)$$

Пропускна здатність системи виконання впливів визначена з зіставлення параметрів потоку вимог, що надходить, і-го виду і абсолютною продуктивністю:

$$\tilde{N}_c = \sum \tilde{\mu}_i \cdot x_i. \quad (2.14)$$

Якщо виконується умова $\tilde{N}_c \geq \tilde{\mu}_i \cdot x_i$, то система не впорається з об'ємом послуг, в результаті цього створюється постійна черга очікуючих обслуговування (ремонт) автомобілів.

Для ефективної роботи системи необхідно виконання умови:

$$\tilde{N}_c \leq \tilde{\mu}_i \cdot x_i. \quad (2.15)$$

Результат $\tilde{\mu}_i - \bar{N}_{ci}$ дає величину надлишку виробничої потужності m_i , яка повинна бути оптимальною, а пов'язані з цим витрати C_u - мінімальні.

Необхідна умова виражена наступним чином:

$$m_i = \tilde{\mu}_i \cdot x_i - \tilde{N}_{ci}, \quad (2.16)$$

$$m_i \rightarrow OPT, C_u \rightarrow \min.$$

В якості додаткової умови для роботи системи може бути прийняте припущення, при якому відносна продуктивність буде в границях $1 < W_{отн} < 2$.

Для приблизної оцінки роботи системи, використовується нерівність (2.15). Після ділення правої та лівої частини на параметр μ_i і прийняття для подальших розрахунків відношення $N_{ci} / \mu_i = \rho_i$, отримано:

$$x_i \succ \rho_i, \quad (2.17)$$

де ρ_i - приведена щільність потоку вимог.

Фізичний сенс ρ_i - це середнє число вимог, які поступають в систему за середній час обслуговування вимоги.

Мінімальна кількість постів X_T в системі, при якій черга вимог, які очікують, не буде зростати, обмежується нормуючою умовою:

$$x_T \succ \rho_i; \quad 0,2 \leq x_T - \rho \leq 1,0. \quad (2.18)$$

За цієї умови система буде мати максимально можливу продуктивність при мінімальній кількості постів. Слід звернути увагу на нижню границю цього обмеження [4].

$x_T - \rho \geq 0,2$ тому, що при менших значеннях різко звеличується довжина черги і загрузка системи. Робота СТО з мінімальною кількістю постів буде нестійкою.

Наявність нерівності $x > \rho$, свідчить про працездатність системи обслуговування і ремонту автомобілів, однак це ще не гарантує того, що система буде працювати достатньо ефективно. Може статися, що такі параметри, як час простою в черзі перед початком обслуговувань (ремонту) або довжина черги автомобілів, будуть занадто великі, а резерви виробничих потужностей не забезпечать стійкість системи. Тому для оцінки системи обслуговування чи ремонту використовуються додаткові параметри, які дозволяють детально визначити ефективність її роботи з різних сторін.

Ефективність роботи розглядаємої системи оцінюється за величиною параметрів, умовно розділених на дві групи.

Перша група дозволяє оцінити роботу системи за ступенем використання її виробничих потужностей, друга – за відносними можливостями виробничої системи.

2.7 Розрахунок характеристик ефективності використання системи

Імовірність того, що усі пости обслуговування вільні дорівнює:

$$P_c = \left[\sum_{k=0}^{x-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^x}{(x-1)!(x-\rho)} \right]^{-1}, \quad (2.19)$$

де x - число постів в системі (підсистемі);

k - кількість заяв, що надходять в систему.

Імовірність того, що всі пости обслуговування (ремонту) зайняті:

$$P = P_c \frac{\rho^x}{(x-1)!(x-\rho)}. \quad (2.20)$$

Імовірність P одночасно характеризує й такі показники, як імовірність відмов в обслуговуванні або ремонті чергової вимоги (автомобілю) із-за зайнятості всіх постів; термін повного завантаження системи роботою; коефіцієнт використання робочого часу.

Імовірність P може задаватися, виходячи із технологічних умов, в наступних границях $P = 0,7 - 0,85$.

Далі розглянута характеристика ефективності використання постів, що призначені для виконання технічних впливів.

Середня кількість вільних постів дорівнює:

$$X_B = P_0 \sum_{k=0}^{x-1} \frac{\rho^k}{k!} (x-k). \quad (2.21)$$

З достатньою точністю для аналізу системи технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів, значення X_B може бути визначено з виразу:

$$X_B = x - \rho. \quad (2.22)$$

Знаючи середню кількість постів, визначають такий параметр як коефіцієнт простою постів:

$$K_n = \frac{X_B}{x}. \quad (2.23)$$

Коефіцієнт зайнятості постів дорівнює:

$$K_3 = \frac{X_3}{x} = \frac{\rho}{x}. \quad (2.24)$$

Ступінь використання постів, хоч і є одним з показників якості функціонування обслуговуючої (ремонтної) системи, однак не єдиним критерієм досягнення цілі. Не менш важливо, з точки зору техніко-економічної ефективності функціонування СТО, здійснювати швидке обслуговування (ремонт) автомобілів з раціональним часом простоювання, маючи при цьому невелику чергу і час очікування початку обслуговування (ремонту).

При цьому, використовуються наступні показники:

Імовірність того, що час очікування початку обслуговування T_x більше будь-якого заданого наперед часу t_x :

$$J = P\{T_x > t_x\} = \Pi e^{-\mu(c-\rho)t_x}. \quad (2.25)$$

Величина параметру $P\{T_x > t_x\}$ визначається параметром стійкості роботи системи, при виконанні нею робіт по обслуговуванню і ремонту. Чим менше її абсолютна величина, тим вища стабільність роботи системи. Виходячи з технологічних умов роботи системи, величина J приймається рівною 0,02 – 0,04.

Значення часу очікування в черзі t_x може задаватися з урахуванням наступних нормуючих умов:

а) суми часу, який витрачається на виробництво робіт по обслуговуванню - t_i^* і на очікування в черзі t_x , не повинна перевищувати тривалості часу роботи системи

$$T_T = T_{3M} \cdot C,$$

де T_{3M} - тривалість однієї зміни, год;

C - число змін роботи.

б) величина часу очікування в черзі перед початком обслуговування t_x , яка задається, як правило, не повинна перевищувати час, який витрачається на виробництво робіт по обслуговуванню чи ремонту:

Середня довжина можливої черги автомобілів, які очікують обслуговування (ремонту):

$$M_x = \frac{\Pi \rho}{x - \rho}. \quad (2.26)$$

При визначенні середньої довжини черги автомобілів, що очікують на обслуговування або ремонт, слід мати на увазі, що нерівність $\tilde{N}_{ci} < \tilde{\mu}_i \cdot x_i$ є основою побудови моделі і виключає появу черги, тому що потік, що входить, по величині менший, ніж абсолютна продуктивність системи.

Не дивлячись на цю обставину, передбачається поява середньої черги довжиною M_x з імовірністю Π .

Ця обставина обумовлюється тим, що автомобілі, зазвичай, мають різне напрацювання на відмову та імовірність безвідмовної роботи.

Загальне число вимог, що надходять в систему дорівнює:

$$M_o = M_x + M_{об} = M_x + \rho. \quad (2.27)$$

Середній можливий час простоювання автомобіля у черзі в очікуванні обслуговування або ремонту дорівнює

$$J_x = \frac{\Pi}{\mu(x - \rho)} = \frac{\Pi t_i^*}{x - \rho}. \quad (2.28)$$

При наявності черги, середній час очікування в черзі являє собою витрати робочого (транспортного) часу АТЗ.

2.8 Визначення технологічно необхідної кількості постів

Системи обслуговування та ремонту можуть розраховуватися за заданими критеріями ефективності J , Π або середнім значенням t_x і t_i^* .

В цьому випадку, кількість постів, яка відповідає досягненню цієї мети, може бути визначена з виразу, що розраховується, як сума двох складових:

$$X_k = \rho + \frac{t^*}{t_x} \ln \frac{\Pi}{J} = \rho + \frac{t_i^*}{t_x} \ln e^{-X_B A}, \quad (2.29)$$

де

$$A = \frac{t_x}{t_i^*}.$$

Параметри ρ і t_i^* визначаються таким чином, який вказаний вище, а параметри J і Π можуть задаватися виходячи з технологічних умов роботи виробничої системи, що розглядається (наприклад: $\Pi = 0,7 - 0,85$; $J = 0,02 - 0,04$). Величина часу, що задається, t_x визначається з урахуванням нормуючих умов.

В цьому випадку вираз для середньої довжини черги приймає вигляд:

$$M_x = \frac{\Pi \rho A}{\rho - X_B A}. \quad (2.30)$$

2.9 Оптимізація роботи системи СТО

Оптимізація роботи системи в загальному випадку, забезпечується шляхом зіставлення рішень, що приймаються, чи за мінімумом витрат, чи по максимуму питомих доходів.

Порівняльну економічну оцінку роботи системи обслуговування (ремонт) СТО, що дозволить вибрати оптимальний варіант, найкраще робити за величиною мінімуму витрат, які пов'язані з простоюванням автомобілів в черзі і простоюванням постів обслуговування (ремонт).

Цільова функція величини цих витрат має вигляд:

$$C_U(x) = M_x Z_1 + X_B Z_2 \rightarrow \min \quad (2.31)$$

де C_U - загальна сума втрат в зоні обслуговування або ремонту, грн./год.;

Z_1 - вартість втрат, які пов'язані з простоюванням автомобіля в черзі в одиницю часу, грн./год.;

Z_2 - вартість простоювання поста СТО в одиницю часу, грн./год.

Орієнтовно можна прийняти величину $Z_1 = 50 - 60$ грн./год., $Z_2 = 40 - 45$ грн./год.

Система з оптимальним числом постів повинна забезпечити мінімум витрат при роботі постів обслуговування і ремонту автомобілів.

2.10 Обґрунтування втрачених коштів

Визначення кількості постів по мінімальним сумарним втратам відносяться до відомих економічних методів управління. Розрізняють три групи матеріальних інтересів: загальнонародні, колективні й особисті. До першої групи належать інтереси суспільства в цілому, до колективних –

інтереси окремого виробничого колективу, до особистих – інтереси окремої людини.

Усі три види інтересів властиві кожному членові суспільства. Кожен зацікавлений не тільки в результатах своєї особистої праці, а також в результатах праці свого колективу.

Основними економічними методами управління є наступні: планування, господарський розрахунок, матеріальна зацікавленість, ціноутворення. Поєднання економічних методів це міцний механізм управління.

Кожний з економічних методів передбачає і непрямую дію, а також може розглядатися як позитивний, так і негативний (наприклад, матеріальна зацікавленість може виступати як позитивний і як негативний метод).

Базою для економічних методів є техніко-економічний аналіз. Механізмом реалізації є господарський розрахунок та планування. Орієнтація всієї системи економічних методів управління остаточно спрямована на підвищення ефективності та якості послуг (обслуговування).

У даному разі втрати обґрунтовуються з урахуванням системних втрат.

2.11 Результати проведених розрахунків

Характерною рисою виробничої діяльності сучасних спеціалістів є те, що вольові розв'язання інтелектуальних завдань робітниками автомобільного транспорту зведені до мінімуму. В процесі виробництва інженер формулює проблеми та вирішує будь-які складні задачі шляхом за рахунок аналізу різної розрахункової інформації з посиленою комп'ютерною підтримкою.

У зв'язку з ускладненням конструкції автомобілів, зростанням їх кількості та продуктивності використання, раціональне або оптимальне вирішення таких задач стає все більше трудомістким. При цьому, часто необхідно досліджувати велику кількість спроб, на результат яких впливають

багато причин, пов'язаних між собою невизначеними функціями. Використання у таких випадках детермінованих методів, буває корисним, однак вони виявляються обмеженими, негнучкими та недостатньо ефективними у тих випадках, коли слід враховувати вплив дії великої кількості факторів.

Повні дані означеного вище аналізу розміщені в додатку Б. В таблиці 2.1 наведені основні результати розрахунків оптимальної кількості постів.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку числа постів СТО за критерієм мінімуму сумарних витрат

Параметри	Числові значення											
	20			25			20			10,5		
Потік АТЗ на СТО, од./добу	20			25			20			10,5		
Число постів для аналізу, од.	4	5	6	5	6	7	3	4	5	6	7	8
Імовірність зайнятості всіх постів	0,5	0,2	0,1	0,84	0,44	0,22	0,44	0,17	0,06	0,39	0,2	0,09
Середнє число вільних постів, од.	1	2	3	0,3	1,3	2,3	1	2	3	1,6	2,6	3,6
Коефіцієнт простою постів	0,25	0,4	0,5	0,08	0,26	0,38	0,33	0,5	0,6	0,27	0,37	0,45
Оптимальне число постів, од.	5			6			3/4			7		
Черга АТЗ, од.	0,35			1,26			0,9/0,2			0,3		
Час зміни, год.	8			8			12			8		
Число виконавців на посту, осіб.	2			2			2			1		

При проектуванні вартість простоювання одного автомобіля та робочого посту повинні прийматися обґрунтовано з урахування типу

автомобілів, що обслуговуються, і рівня витрат при простоюванні одного посту.

На підставі отриманих даних будуюмо залежності сумарних витрат та числа АТЗ в черзі від кількості універсальних постів ТО і ремонту (рис. 1-4). Можна побачити, що мінімальні сумарні витрати забезпечуються при кількості постів, яка дорівнює: у першому варіанті – 5, у другому варіанті – 5 або 6, у третьому варіанті – 3 або 4, у четвертому варіанті – 7. Для означеного СТО вибрано 5 постів (відповідно до можливостей матеріально-технічної бази).

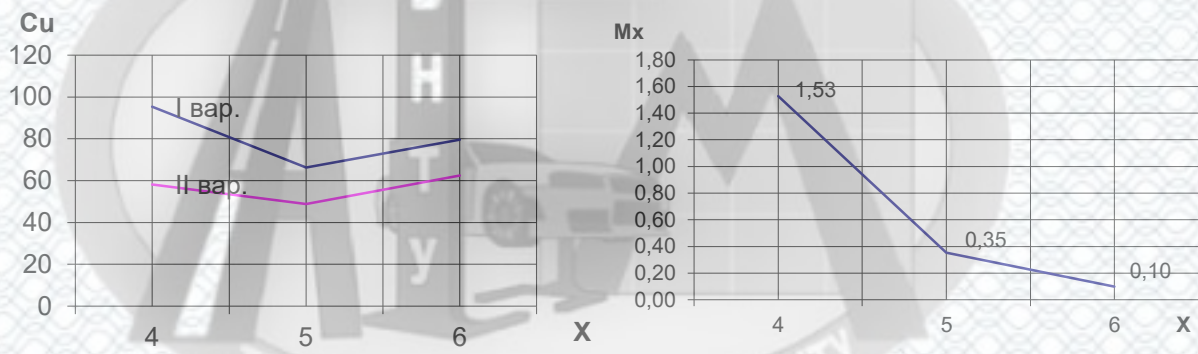


Рисунок 2.1 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 1)

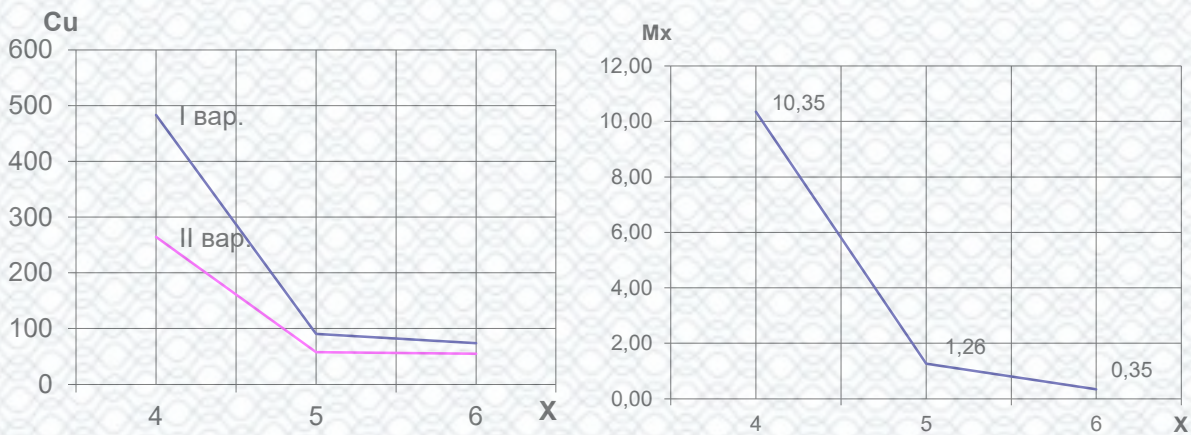


Рисунок 2.2 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 2)

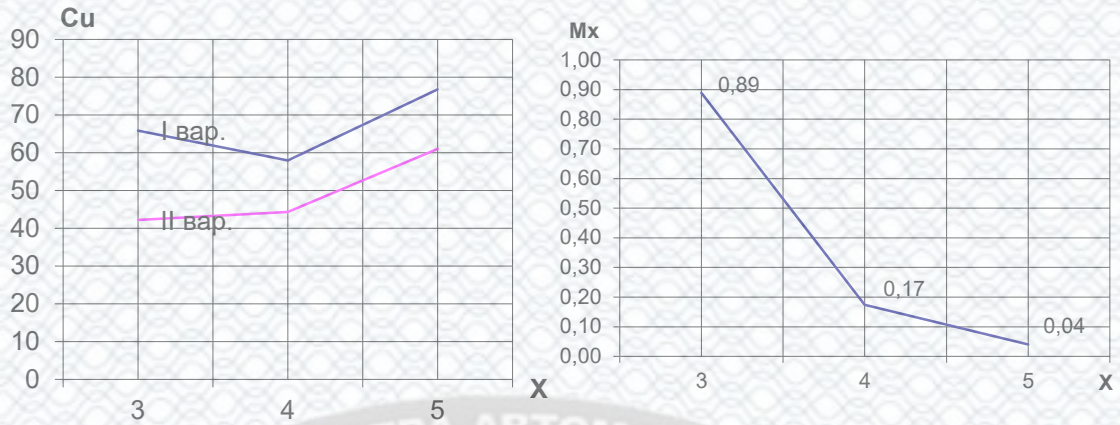


Рисунок 2.3 – Залежності сумарних витрат та довжини черги від кількості постів (варіант 3)

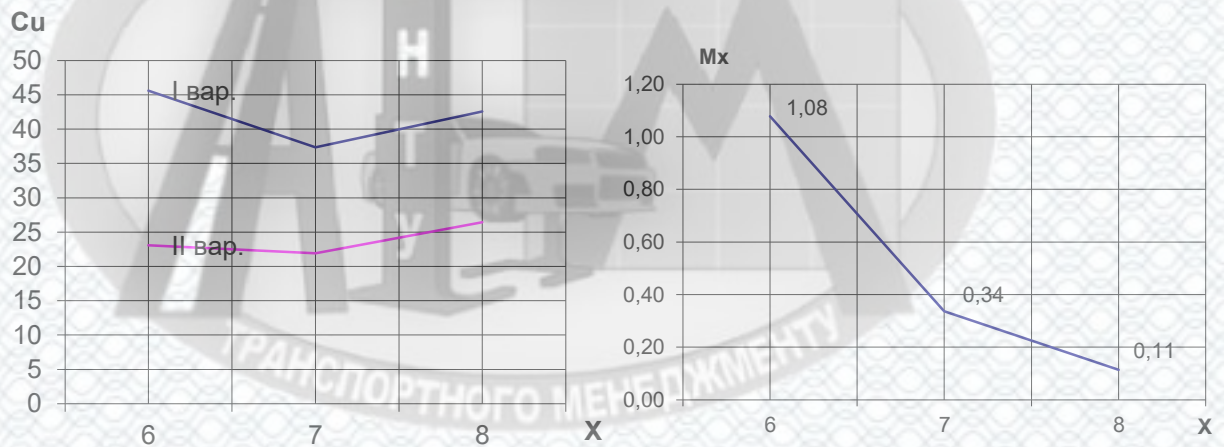


Рисунок 2.4 – Залежності сумарних витрат та черги від кількості постів (варіант 4)

Технологічну організацію виробничих підрозділів проведемо на основі розрахункових показників кожного виду робіт ТО і ПР, що наявні на даній СТО в такій послідовності:

- визначаємо види постових робіт ТО і ПР;
- проведемо об'єднання постів ТО і ПР автомобілів в виробничі підрозділи за призначенням;
- визначаємо загальний перелік необхідних підрозділів для виконання всіх видів постових робіт ПР;

- визначимо загальну схему виконання робіт по ТО і ПР автомобілів на підприємстві, методи виконання технічного обслуговування та поточного ремонту та загальний технологічний процес виконання робіт в зоні ТО і ПР.

Організація робочих місць у зоні ТО і ПР проводиться на основі прийнятої кількості постів ТО і ПР, вибраної форми організації і методу виконання робіт та загального виробничого процесу у означеному підрозділі. Послідовність процесу організації робочих місць постових робіт ТО і ПР описана нижче.

1. Кількість постів у зоні ТО і ПР становить 5 одиниць. Необхідно розділити весь обсяг робіт ТО і ПР між постами.

2. Попередньо необхідно скласти відомість технологічного обладнання зони ТО і ПР.

3. Визначити кількість і розташування робочих місць, а саме:

- робочі місця межах кожного поста (зверху, знизу і збоку автомобіля), на яких виконують роботи безпосередньо з системами автомобіля. На цих робочих місцях можуть застосовувати пересувне технологічне обладнання, тому, безпосередньо біля кожної одиниці такого обладнання, робочі місця не передбачають і воно може використовуватись для декількох постів;

- робочих місць поза межами постів в зоні ТО і ПР не передбачено.

4. Визначити перелік і обсяги робіт, які планується виконувати на кожно-му робочому місці. При цьому можна користуватись розробленими типажми зон ТО і ПР.

5. При розподілі робітників між постами і робочими місцями необхідно врахувати, що один робітник може бути закріпленим як за одним постом, так і виконувати окремий вид робіт на декількох постах. У випадку, коли один робітник працює на декількох постах, число робітників, закріплених за одним постом, може бути нецілим, а загальна кількість робітників у відповідній зоні повинна бути цілою.

2.12 Висновки до розділу 2

В даному розділі здійснено технологічний розрахунок кількості постів СТО, з урахуванням мінливості господарських та суспільних умов:

- чисельність штатних працівників – 10 осіб на постах;
- розрахункова кількість постів – 5 одиниць.

Аналіз результатів дозволяє визнати наступне:

- отримане таке число постів, що може задовольнити персонал СТО і клієнтів-автомобілістів за ціною та привабливістю до заїзду на станцію технічного обслуговування(черга – 1 автомобіль);
- імовірність зайнятості всіх постів для оптимуму від 0,06 до 0,22, що в основному спокійно сприймають клієнти;
- коефіцієнт простою постів не більше 0,5, що технологічно припустиме для СТО;
- керівництву СТО можна управляти виконавцями в залежності від зміни інтенсивності ТПА: є оцінка числа постів для виконання послуг; часу зміни; кількості робітників на посту (в технологічному розрахунку).

При цьому ураховуються зміни зовнішніх і внутрішніх умов функціонування СТО.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШИН

Рівень курсової стійкості руху (КСР) значуще впливає на інтенсивність негативних або токсичних викидів продуктів зносу і руйнування з динамічного силового контакту системи “колесо - дорога”. Тому досліджено можливі роботи СТО по регулюванню КСР, що пов’язані з екологічною безпекою автомобілів.

3.1. Визначення параметрів, які входять до математичної моделі

Для коректного математичного представлення плоскопаралельного руху автомобіля введено наступні спрощення та припущення:

- гіроскопічні та неврівноважені моменти елементів, які обертаються, не враховуються;
- в шарнірах рульового приводу відсутні люфти;
- автомобіль рухається за рівною горизонтальною поверхнею;
- розглядається плоска „велосипедна” схема автомобіля;
- кути повороту зовнішнього та внутрішнього коліс однакові, тобто $\theta_z = \theta_e = \theta$;
- основною траєкторією є траєкторія центра мас автомобіля;
- моменти в'язкого тертя та моменти пружності в рульовому керуванні пропорційні кутам повороту приведених до моделі коліс.

З урахуванням вищенаведених припущень автомобіль можна представити в умовно розділеному на два модулі вигляді (рис. 3.1):

- керуючий колісний модуль (ККМ), ланка AC_1 ;

- остов автомобіля, ланка АВ.

ККМ включає в себе: приведене керуюче переднє колесо, рульове колесо і елементи рульового керування, які знаходяться між ними (рульовий привод, рульовий механізм тощо). Остов – це корпус автомобіля.

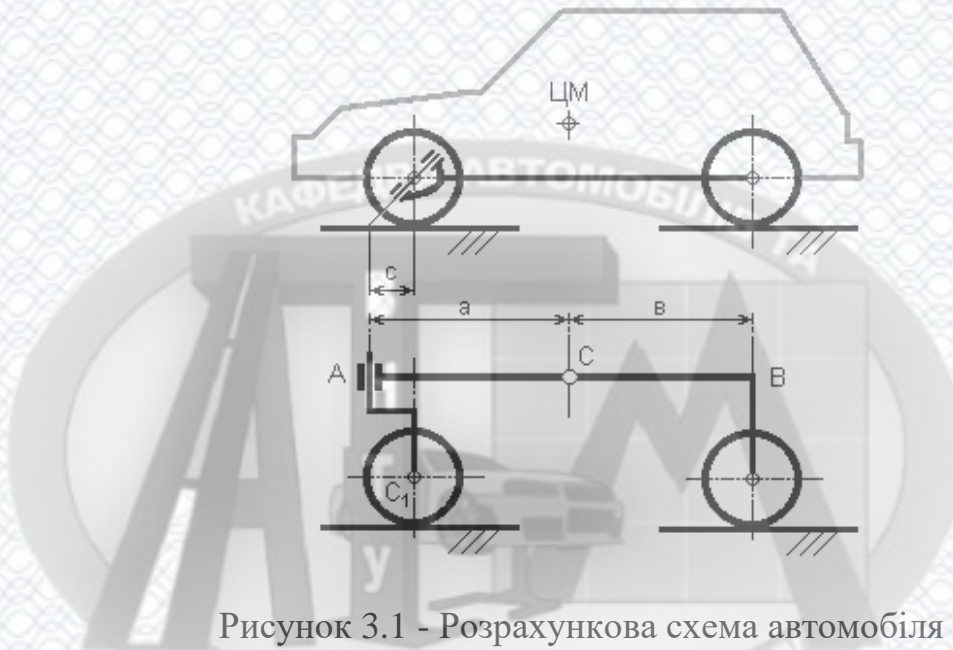


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема автомобіля

Визначення показників КС руху автомобіля проводилось на математичній моделі руху автомобіля [31], з використанням методів аналізу стійкості переміщення за допомогою матриці Якобі, критерія Гурвіца та чисельного рішення диференціальних рівнянь (з побудовою траєкторії руху автомобіля в площині дороги і фазових портретів системи).

Система рівнянь обраної моделі має наступний вигляд (3.1):

$$\begin{aligned}
& (m + m_1)\dot{u} + m_1\dot{\omega}(a - c \cos \theta) - m_1c\ddot{\theta} \cos \theta + (m + m_1)\omega v + \\
& + m_1c(\omega + \dot{\theta})^2 \sin \theta - Y_1 \cos \theta - Y_2 = 0; \\
& (I + m_1a\dot{\omega}(a - c \cos \theta)) + m_1a\dot{u} - m_1ac\ddot{\theta} \cos \theta + m_1av\omega + \\
& + m_1ac(\omega + \dot{\theta})^2 \sin \theta - h\dot{\theta} - \chi(\theta - \theta_0) - Y_1a \cos \theta + bY_2 = 0; \\
& I_1\ddot{\theta} + m_1c^2\ddot{\theta} + (I_1 + m_1c(c - a \cos \theta))\dot{\omega} - m_1c\dot{u} \cos \theta + m_1cv\omega \cos \theta - \\
& - m_1c\omega u \sin \theta - m_1ac\omega^2 \sin \theta + h\dot{\theta} + \chi(\theta - \theta_0) + cY_1 = 0.
\end{aligned} \tag{3.1}$$

де m_1 – маса керуючого колісного модуля, кг;

I_1 – момент інерції керуючого колісного модуля відносно вертикальної вісі ККМ, кг·м²;

c – значення виносу керованого колеса, м;

h – коефіцієнт демпфування за кутом повороту керуючого колісного модуля, Н·м·с;

χ – приведений коефіцієнт жорсткості керуючого модуля, Н·м.

Рівняння руху отримані згідно до розрахункової схеми (рис. 3.2)

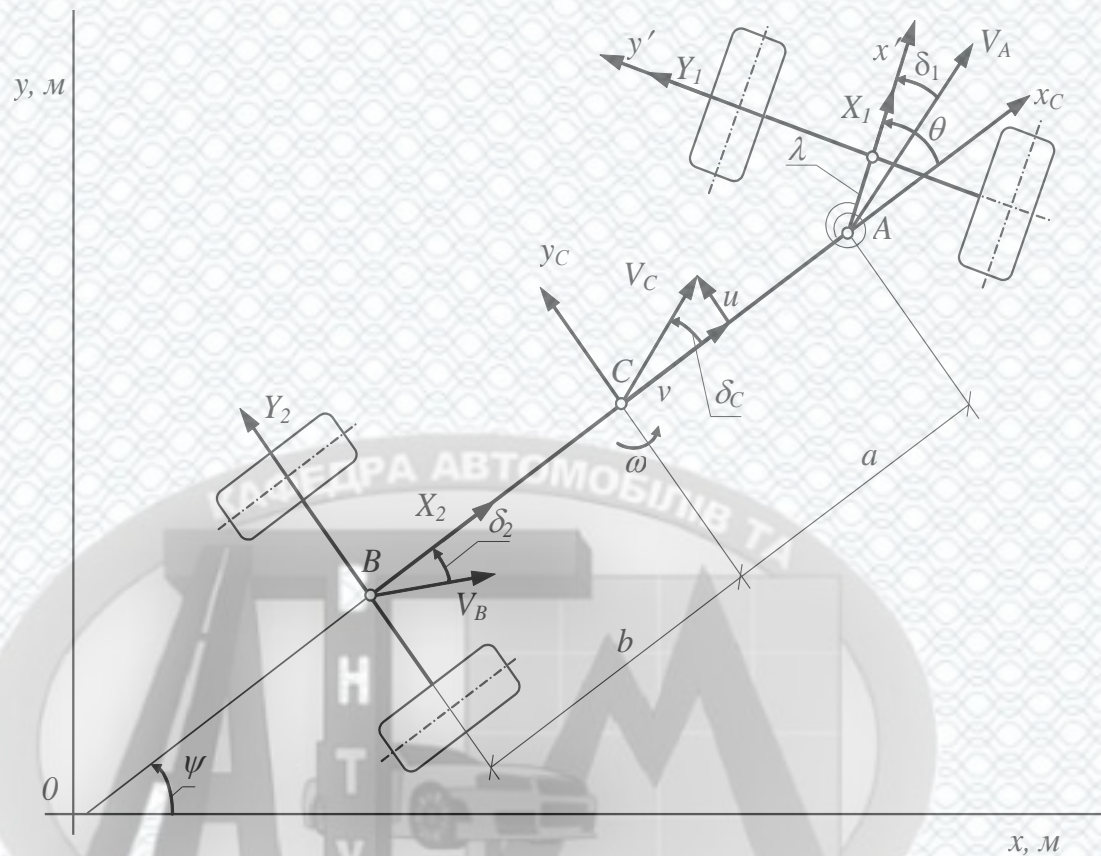


Рисунок 3.2 - Візуалізація розрахункової схеми автомобіля з поворотним керованим колісним модулем

Параметри системи наступні:

- B и C - задня вісь і центр інерції автомобіля, відповідно;
- A – точка шарнірного зчеплення керованого колісного модуля з кузовом автомобіля;
- a , b - відстань від центру мас автомобіля до точки закріплення передньої (керованою) вісі і задньої (некерованої) вісі автомобіля, відповідно, м;
- λ - винос еластичного колеса, м;
- ψ - курсовий кут, рад;
- θ - встановлений кут повороту колеса керованого модуля, рад;
- δ_1 , δ_2 і δ_C - кути відведення: керованого колісного модуля в цілому, задньої вісі і центру мас відповідно, рад;

- v , u - поздовжня і поперечна проекції вектора швидкості центру мас автомобіля, м/с;

- V_A , V_B і V_C - лінійні швидкості керованого колісного модуля, задньої вісі та центру мас, відповідно, м/с;

- ω - кутова швидкість обертання автомобіля, щодо його вертикальної вісі рад/с.

До системи рівнянь (3.1) не включений стабілізуючий момент M_c , який обумовлений еластичністю шин і описується нелінійною залежністю від кута відведення. Означене викликано тим, що для точного врахування цього моменту для конкретної моделі шин, необхідно проводити складні експериментальні дослідження на спеціальних стендах [28]. В роботі враховується стабілізація руху за рахунок виносу керованого колеса (що визвано поздовжнім нахилом шворня).

Взаємодія коліс з опорною площиною в бічному напрямі описується через реакцію полотна дороги, як функція кута відведення, нелінійною гіпотезою.

Врахування нелінійного відведення виконано для наступного випадку апроксимації сил відведення

$$\bar{Y}_i(\delta_i) = \frac{k_i \cdot \delta_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_i \cdot \delta_i}{\varphi_i}\right)^2}}, \quad (3.2)$$

де φ_i – коефіцієнти зчеплення коліс передньої та задньої осі;

$\bar{k}_i = k_i / G_i$ – безрозмірні коефіцієнти опору бічному відведенню передньої і задньої осей (G_i - навантаження на відповідні осі); для зручності, безрозмірювання параметрів опускаємо.

Після аналізу джерел, знайдена залежність бічної сили в контакті шини з опорною поверхнею від чотирьох факторів (знос протектора,

вертикального навантаження на колесо, кута відведення і тиску повітря в шині). Для більшої зручності аналізу, це рівняння перетворене на залежність безрозмірного коефіцієнту відведення, який поєднує в собі функцію відгуку (бічну силу) та два фактори (кут відведення та вертикальне навантаження) від інших двох факторів (зносу протектора і внутрішнього тиску повітря в шині). Для отримання потрібної залежності, використаний метод найменших квадратів та математична програма Maple. Отримане наступне рівняння:

$$\bar{k}_i = k_i / G_i = 0,1297 + 0,29125 P_w + (-0,050988 + 0,02996 P_w) \Delta h. \quad (3.3)$$

Експериментальні дослідження були проведені на шинах 175/70R13, які встановлюються на автомобілях малого класу, зокрема, на автомобілях з класичною компоновальною схемою ВАЗ-2101 – 2107. Важливим моментом в аналізі математичної моделі є особливість вибору основних параметрів, що входять до системи рівнянь (3.1). З цією метою, використовуються дані з довідникової літератури та наукових джерел. За характеристикою автомобілів, прийняті (або визначені за допомогою розрахунків) наступні величини:

- загальна маса остова автомобіля $m = 1355$ кг;
- маса ККМ $m_1 = 40$ кг;
- момент інерції остова $I = 0,35tab$, кг/м²;
- момент інерції ККМ $I_1 = 1,5$ кг/м²;
- коефіцієнт жорсткості рульового приводу $\chi = 140,28$ Н·м/рад;
- коефіцієнт в'язкого тертя в елементах рульового керування $h = 50$ Н·м·с/рад;
- кут поздовжнього нахилу умовного $\gamma = 4^\circ$, тобто $c = 0,01849$ м (при повному рівні навантаження).

Масові характеристики автомобіля розраховані для випадку повного навантаження. Коефіцієнти зчеплення для шин переднього та заднього моста прийнято рівними $\varphi = 0,75$.

3.2. Методика аналізу курсової стійкості руху автомобіля за допомогою математичної моделі з урахуванням поворотного колісного модуля

Теорія стійкості руху і методи дослідження стійкості систем розроблені О.М. Ляпуновим. Учений сформулював умови стійкості руху. Якщо динамічна система описується лінійними (або лінеаризованими) звичайними диференціальними рівняннями, то для стійкості системи необхідно і достатньо, щоб всі корні характеристичного рівняння мали від'ємні дійсні частини. Лінеаризація – один з методів наближеного представлення нелінійних систем, при якому дослідження нелінійної системи замінюється аналізом лінійної системи, яка у деякому сенсі еквівалентна вихідній. Методи лінеаризації мають обмежений характер, тобто еквівалентність вихідної нелінійної системи і її лінійного наближення зберігається лише в певному околі певного режиму роботи системи. Якщо система переходить із одного режиму роботи на інший, то слід провести лінеаризацію в околі нового режиму. При застосуванні лінеаризації можна з'ясувати багато якісних й особливо кількісних властивостей нелінійної системи.

Характеристичне рівняння системи (3.1) має наступний вигляд

$$A_0\lambda^4 + A_1\lambda^3 + A_2\lambda^2 + A_3\lambda + A_4 = 0 \quad (3.4)$$

3.2.1. Оцінка стійкості руху системи за допомогою матриці Якобі

Корні характеристичного рівняння (3.4) відповідають власним значенням матриці Якобі. В загальному випадку власні значення матриці Якобі λ_i являють собою комплексні числа:

$$\lambda_i = \operatorname{Re}(\lambda_i) + j \operatorname{Im}(\lambda_i) = \alpha_i + j\omega_i, \quad (3.5)$$

де $\operatorname{Re}(\lambda_i) = \alpha_i$ – дійсна частина власного значення матриці Якобі;

$\operatorname{Im}(\lambda_i) = \omega_i$ – уявна частина власного значення матриці Якобі;

$j = \sqrt{-1}$ – уявна одиниця.

Якщо власні значення є дійсними, то перехідні процеси (збурення або зростають або зменшуються) та носять аперіодичний характер, а якщо вони комплексні, то перехідні процеси будуть коливальними.

На рис. 3.3 – 3.4 представлені можливі варіанти графіків зміни в часі характеристик відхилень фазових координат Δv_y і $\Delta \omega_z$, обумовлених початковими збуреннями. Якщо корені характеристичного рівняння від’ємні дійсні або комплексні з від’ємною дійсною частиною, то збурювання буде із часом зменшуватися й прагнути до нуля.

При від’ємних дійсних коренях процес зміни величин Δv_y і $\Delta \omega_z$ як функцій часу відповідає характеру кривої на рис. 3.3. При комплексних коренях, із від’ємною дійсною частиною процес переходу системи до сталого (стаціонарного) стану відповідає характеру кривої на рис. 3.4.



Рис. 3.3. Графік перехідного процесу при від'ємних дійсних коренях

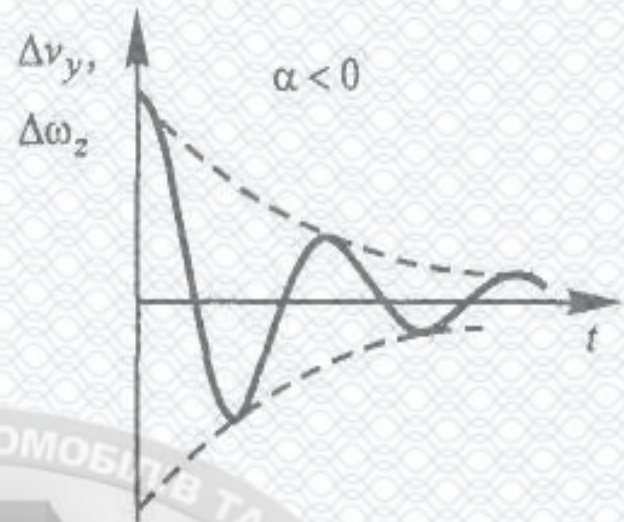


Рис. 3.4. Графік перехідного процесу при комплексних коренях з від'ємною дійсною частиною

В обох випадках відхилення параметрів руху від стаціонарних значень із часом, хоча й різним чином, зменшується до нуля. Інакше кажучи, кутова швидкість та бічна складова лінійної швидкості, що змінилися в результаті якогось збурення, після припинення дії цього збурення будуть прагнути до своїх незбурених значень. Тракується, що автомобіль здатний сам по собі, в силу властивих йому характеристик, відображених у рівняннях руху, протидіяти зовнішнім збуренням. Тобто рух автомобіля в цьому випадку є стійким.

Перехідний процес, при наявності хоча б одного додатного кореня, показаний на рис. 3.5, а для комплексно спряжених коренів із додатною дійсною частиною — на рис. 3.6.



Рис. 3.5. Графік перехідного процесу при додатних дійсних коренях

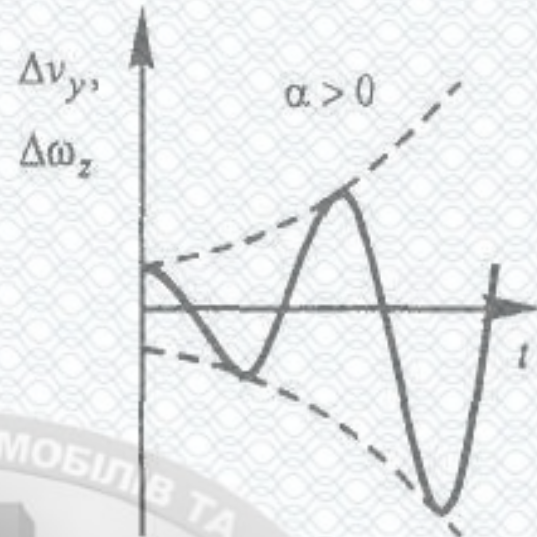


Рис.3.6. Графік перехідного процесу при комплексних коренях з додатною дійсною частиною

В даному випадку відхилення координат Δv_y і $\Delta \omega_z$ з часом необмежено зростають і автомобіль втрачає стійкість [67, 81].

Таким чином для того, щоб зробити висновок про стійкість руху автомобіля, необхідна програма, яка розраховує власні значення матриці Якобі. Така програма реалізована в середовищі Maple (система аналітичних обчислень).

3.2.2. Оцінка стійкості системи за допомогою критерію Гурвіца

Існують різні умови, які дозволяють робити висновки про знаки коренів характеристичного рівняння, не розв'язуючи це рівняння – безпосередньо, за його коефіцієнтами. При дослідженні стійкості систем, що описуються диференціальними рівняннями невисокого порядку (до 4-го), можна користуватися критерієм Гурвіца.

Критерій Гурвіца – це критерій, який дозволяє з’ясувати, коли всі корені полінома $p(z) = a_0z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_{n-1}z + a_n$ мають від’ємні дійсні частини. Наприклад, для поліномів з дійсними коефіцієнтами $a_0 > 0, a_1, \dots, a_n$ критерій Гурвіца полягає в наступному: щоб всі корені полінома $p(z)$ мали від’ємні дійсні частини, необхідно та достатньо, щоб при всіх $k = 1, 2, \dots, n$ виконувались певні нерівності:

$$D_k = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & a_{2k-1} \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & a_{2k-2} \\ 0 & a_0 & a_4 & \dots & a_{2k-3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_k \end{vmatrix} > 0$$

Цей критерій був знайдений німецьким математиком Гурвицем в 1895 році. Означений критерій використовується тільки для визначення стійкості системи лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами.

Для системи рівнянь, які використовуються в математичній моделі автомобіля, необхідно розрахувати чотири визначника Гурвіца, кожен з яких, для випадку стійкого руху, повинен бути більше нуля. Якщо хоча б один з визначників буде від’ємним, це визначає нестійкість системи [82].

В середовищі Maple реалізована програма для розрахунку визначників Гурвіца. В програмі також є можливість графічного відображення границі між областями стійкого та нестійкого руху в залежності від параметрів моделі.

3.2.3. Чисельний розв’язок системи диференціальних рівнянь руху

Дослідження нелінійних динамічних систем, зокрема, моделі руху одиночного автомобіля (система нелінійних диференціальних рівнянь (3.1)),

є складним математичним завданням. Більшість нелінійних диференціальних рівнянь не мають аналітичного розв'язку. Для чисельного рішення системи (3.1) її перетворюють до виду Коші (розв'язуємо відносно старших похідних, припускаючи, що $v = const$):

$$\begin{cases} \dot{u} = f_u(v, u, \omega, \theta, const); \\ \dot{\omega} = f_\omega(v, u, \omega, \theta, const); \\ \ddot{\theta} = f_\theta(v, u, \omega, \theta, const). \end{cases} \quad (3.6)$$

Результатом чисельного інтегрування даної системи є функціональні залежності $u = f_1(t)$, $\omega = f_2(t)$ і $\theta = f_3(t)$, які характеризують динаміку руху одного автомобіля. Одним з можливих чисельних методів інтегрування може бути метод Рунге – Кутта, із застосуванням формул Дормана й Принса (є найкращим методом, якщо припустима точність становить від 10^{-4} до 10^{-7}). У роботі програма чисельного інтегрування системи (3.6) була реалізована в середовищі Maple (система аналітичних обчислень).

Для одержання наочного й найбільш повного уявлення про динамічне поведіння системи, що сприймає дію збурюючих впливів, необхідно виконати побудову картини фазових траєкторій.

При аналізі реальних збурюючих впливів, фазовий портрет дозволяє визначити область припустимих збурень, а по характеру фазової кривої (її кривизні, довжині) - можна судити про швидкості згасання збурень. Наприклад, більші відхилення фазових змінних від деякого стійкого стаціонарного стану можуть привести до виникнення аварійних ситуацій (порушення коридору руху), що з може викликати ДТП.

3.2.4. Використання фазових портретів для оцінки курсової стійкості руху моделі автомобіля

Метод фазових портретів використовується в математиці і механіці для аналізу поведінки систем, які описуються системами диференціальних рівнянь, що не мають аналітичної розв'язки. Фазовий портрет – це графічне відображення співвідношень між двома параметрами стану системи, які змінюються в часі, при виключенні координати часу; наприклад, фазової координати та швидкості її зміни. Кожна точка фазового портрету (точка фазового простору) характеризує стан системи в конкретний момент часу, а рух точки вздовж лінії графіка (фазової траєкторії) характеризує зміну стану системи за часом.

Для аналізу стійкості руху моделі автомобіля, з урахуванням коливань керуючого колісного модуля, використовують наступні фазові портрети:

- траєкторію руху центру мас автомобіля в площині дороги (в координатах $x - y$);
- співвідношення між бічною складовою швидкості центру мас u та кутовою швидкістю ω ;
- співвідношення між кутом повороту колісного модуля θ та швидкістю повороту колісного модуля $\dot{\theta}$.

Всі ці портрети дають можливість прогнозувати віртуальний розвиток подій (стосовно конкретних початкових параметрів фазового портрету) після прикладення до автомобіля будь-якої збурюючої сили, за умови, що або водій не виконує ніяких корегуючих дій, або відомий закон зміни кута $\theta(t)$. Тобто, в першому випадку оцінюється стійкість саме автомобіля, а не системи «водій - автомобіль», у другому випадку можливо оцінити дії водія. Також важливе значення мають початкові умови, тобто точка, з якої починається відлік часу. Сам параметр часу на вказаних фазових портретах

не відображається, але при побудові портрету необхідно задати інтервал часу, якому відповідає фрагмент портрету, наприклад від 0 до 10 с.

Побудова фазових портретів для великого інтервалу часу (більше 2 – 3 с), насамперед, дозволяє по характерній формі графіка зробити висновок про стійкість чи нестійкість системи.

Під стійкістю транспортної системи слід розуміти її здатність відновлювати вихідний або дуже близький до вихідного режим руху (при малому його порушенні), а надалі продовжувати нормальний режим роботи. Таким чином, стійкість руху автомобіля – це його властивість протистояти зовнішнім силам, що намагаються відхилити автомобіль від заданого режиму руху.

Ця властивість обумовлює можливість реалізації стаціонарного руху автомобіля – переміщення автомобіля по прямолінійній траєкторії (або за колом) з постійною лінійною та кутовою швидкостями.

Коли графік траєкторії руху центра мас являє собою коло постійного радіусу та при малих відхиленнях фазових змінних, траєкторія наближається до кола того ж самого радіусу, то це свідчить про стійкість режиму руху автомобіля (рис. Б 1). Тобто, після збурюючого впливу, при умові невтручання водія у поведінку системи, автомобіль буде рухатись за траєкторією з певним радіусом. Таким чином, виконується переміщення автомобіля, яке можна було б назвати стаціонарним рухом, якщо лінійна та кутова швидкості були б постійними. Якщо ж графік траєкторії представляє собою спіраль, що розвертається, це вказує на нестійкий рух, тобто автомобіль не втримується на траєкторії постійного радіусу.

З практичної точки зору важливим моментом, який можна дослідити по графіку траєкторії руху, є, відхилення траєкторії від певного коридору після збурюючого впливу, тобто в той відрізок часу, коли водій ще не встиг виконати корегуючі дії.

Наприклад, на рис. Б.2 (виділена частина кривої) через секунду після початку відліку центр мас автомобіля відхиляється від прямолінійної траєкторії на 2 м, що в реальних умовах руху може відповідати виїзду на смугу зустрічного руху і виникненню ДТП.

У комплексі з графіком траєкторії руху центру мас автомобіля необхідно розглядати фазові портрети змінних u і ω , θ і $\dot{\theta}$. Загальний вигляд графіка дає змогу зробити висновок про стійкість чи нестійкість руху автомобіля. Якщо фазова траєкторія представляє собою спіраль, що звертається (рис. Б.3), то це вказує на випадок, коли автомобіль за часом виходить на стійкий стаціонарний режим руху. Значення u і ω , θ і $\dot{\theta}$, що відповідають точці, в якій сходиться спіраль графіка, показано на рис. Б.3 і рис. Б.5, чисельно характеризують цей режим. Наприклад, для випадку, який показаний на рис. Б.1 $u = -3,2$ м/с, $\omega = 0,32$ рад/с; на рис. Б.5 – θ і $\dot{\theta}$ наближаються до нуля, що може вказувати на прямолінійний рух (якщо $u(t)$ і $\omega(t)$ прагнуть до нуля), або на рух по колу (якщо $u(t)$ і $\omega(t)$ прагнуть до констант відмінних від нуля).

Якщо крива фазового портрету не наближається до певної точки фазової площини (рис. Б.2, рис. Б.6), то це свідчить про нестійкий режим руху.

Фазовий портрет змінних θ і $\dot{\theta}$ дає змогу оцінити поведінку колісного модуля. Це важливо, оскільки можливі наступні ситуації. Траєкторія центру мас є практично правильним колом, що говорить про стійкий режим руху. Однак при цьому колісний модуль може знаходитись або в стані рівноваги (повернутий на визначений кут), або виконувати автоколивання відносно середнього значення θ^* (рис. Б.7).

В даному випадку важливим фактором є величина амплітуди коливань колісного модуля. Коливання збільшують динамічний коридор руху

автомобіля і, якщо він перевищує ширину дорожньої смуги, можуть спричинити виникнення ДТП.

Таким чином, для аналізу руху моделі автомобіля з урахуванням коливань керуючого колісного модуля необхідно розглядати комплексно три фазових портрети: $x - y$, u і ω , θ і $\dot{\theta}$.

Аналіз фазових портретів дозволяє:

- 1) зробити висновок про схильність моделі до стійкого чи нестійкого руху;
- 2) визначити чисельні характеристики руху, які необхідні для порівняння з характеристиками, що отримуються при варіації інших параметрів моделі (наприклад, зміна тиску повітря в шинах може змінити радіус траєкторії руху центру мас автомобіля, значення u і ω , амплітуду автоколивань колісного модуля, що дозволить зробити висновок про доцільність або ступінь ефективності зроблених змін).

Схематично алгоритм аналізу стійкості руху автомобіля за допомогою фазових портретів можна зобразити наступним чином (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 - Алгоритм процесу аналізу стійкості руху автомобіля за допомогою фазових портретів

Крім головних фазових портретів, які вказані вище, для аналізу стійкості руху автомобіля можна використовувати і додаткові співвідношення. Наприклад, для аналізу реакції автомобіля на ривок руля доцільною є побудова фазового портрету змінних ω і θ .

3.3. Визначення критичної швидкості прямолінійного руху автомобіля

Розглянемо декілька варіантів руху автомобіля з різними характеристиками зносу протектора шин і внутрішнього тиску повітря в шинах.

Програма, реалізована в середовищі Maple, розраховує якобіан системи (визначник Якобі) і значення коренів характеристичного рівняння. Як показано в п. 3.2.1, система переходить від стійкого стану до нестійкого, коли дійсні частини власних значень стають додатними. Відповідно до цього, в програмі будується діаграма максимальних власних значень в заданому діапазоні швидкостей (див. рис. Б.8). Діаграма дозволяє побачити, при якій швидкості починається перехідний режим.

У першому випадку – параметри шин на передній та задній осі відповідають оптимальним, тобто, шини нові ($\Delta h_1 = \Delta h_2 = 1$), тиск в шинах встановлений згідно рекомендацій ($P_{w1} = 0,17$ МПа, $P_{w2} = 0,20$ МПа).

Після визначення по діаграмі моменту втрати стійкості, за допомогою програми визначаються корені характеристичного рівняння для конкретних значень швидкості, які відповідають границі між стійким та нестійким рухом.

Для випадку, представленого на рис. Б.8 отримані наступні результати. Для швидкості 43,14 м/с $\lambda_1 = -18,23664 - 12,5265I$; $\lambda_2 = -18,23664 + 12,5265I$; $\lambda_3 = -0,000159 - 5,1741I$; $\lambda_4 = -0,000159 + 5,1741I$, тобто рух

стійкий. Для швидкості 43,15 м/с $\lambda_1 = -18,23647 - 12,5263I$; $\lambda_2 = -18,23647 + 12,5263I$; $\lambda_3 = 0,00006938 - 5,1741I$; $\lambda_4 = 0,00006938 + 5,1741I$. В даному випадку з'являються корені з додатними дійсними частинами, система переходить до нестійкого стану. Оскільки корені комплексні, рух буде нестійкий коливальний (див. рис. 3.6).

Другий випадок – на передню вісь встановлені шини з 60% зносу протектора, параметри тиску залишаються згідно рекомендацій: $\Delta h_1 = 0,4$; $\Delta h_2 = 1$, $P_{w1} = 0,17$ МПа, $P_{w2} = 0,20$ МПа.

У даному випадку, як видно з діаграми на рис. Б.2, значення критичної швидкості зменшується нижче 40 м/с, тобто нижче максимальної швидкості руху автомобілів ВАЗ за технічною характеристикою (42,2 м/с для ВАЗ-2107 та 40,3 м/с для ВАЗ-2105). Це відбувається за рахунок зміни характеристики бічного відведення шини зі зносом протектора.

Для випадку, представленого на рис. Б.9 отримані наступні результати. Для швидкості 38,4 м/с $\lambda_1 = -18,6796 - 14,9841I$; $\lambda_2 = -18,6796 + 14,9841I$; $\lambda_3 = -0,000159 - 5,1741I$; $\lambda_4 = -0,000159 + 5,1741I$, тобто рух стійкий. Для швидкості 38,5 м/с $\lambda_1 = -18,64695 - 14,98216I$; $\lambda_2 = -18,64695 + 14,98216I$; $\lambda_3 = 0,0001059 - 5,1242I$; $\lambda_4 = 0,0001059 + 5,1242I$. В даному випадку з'являються корені з додатними дійсними частинами, система переходить до нестійкого стану.

Третій випадок – на передню вісь встановлені шини з 60% зносу протектора, але тиск повітря в них зменшений до 0,15 МПа: $\Delta h_1 = 0,4$; $\Delta h_2 = 1,0$; $P_{w1} = 0,15$ МПа, $P_{w2} = 0,20$ МПа.

В даному випадку корекція тиску повітря в шинах передньої вісі дозволяє підвищити критичну швидкість руху автомобіля, що видно з порівняння діаграм на рис. Б.9 і Б.10.

Для випадку, показаного на рис. Б.10 отримані наступні результати. Для швидкості 39,3 м/с $\lambda_1 = -18,5588 - 14,4807I$; $\lambda_2 = -18,5588 + 14,4807I$; $\lambda_3 =$

– $0,0008821 - 5,1331I$; $\lambda_4 = - 0,0008821 + 5,1331I$, тобто рух стійкий. Для швидкості 39,4 м/с $\lambda_1 = - 18,5564 - 14,47888I$; $\lambda_2 = - 18,5564 + 14,47888I$; $\lambda_3 = 0,001892 - 5,13353I$; $\lambda_4 = 0,001892 + 5,13353I$. В даному випадку з'являються корені з додатними дійсними частинами, система переходить до нестійкого стану.

З огляду на необхідність подальших дорожніх випробувань, цікавими є варіанти, які мають найбільш негативні наслідки щодо стійкості руху. Так, використання шин $\Delta h_1 = 0,3$; $\Delta h_2 = 1,0$; $P_{w1} = 0,20$ МПа; $P_{w2} = 0,16$ МПа призводить до зниження критичної швидкості до 34 м/с (122,5 км/год). Встановлення рекомендованого тиску ($P_{w1} = 0,17$ МПа; $P_{w2} = 0,20$ МПа) збільшує критичну швидкість до 134 км/год.

Використання програми, в якій аналіз стану системи виконується за допомогою визначників Гурвіца (див. п. 3.2.2), дозволяє будувати графіки залежності критичної швидкості прямолінійного руху автомобіля від окремих параметрів автомобіля.

На рис. Б.11 представлений графік, на якому зображена крива, що характеризує момент зміни знаку визначників Гурвіца, тобто момент втрати стійкості руху моделі автомобіля.

На даному графіку розглянута ситуація, яка проаналізована вище за допомогою діаграм максимальних дійсних частин власних значень (перший і другий випадки). Для побудови графіка задані межі зміни ступеня зносу протектора шин передньої осі Δh_1 від 0,2 до 1,0. Це пов'язано з тим, що для шини 175/70R13 з висотою рисунка протектора 8 мм значенню $\Delta h = 0,2$ відповідає висота рисунка 1,6 мм, тобто, мінімально допустима за вимогами Правил дорожнього руху.

Для контролю показників, отриманих за допомогою графіків, в програмі передбачений розрахунок визначників Гурвіца для заданих параметрів руху. Так, для випадку $\Delta h_1 = 0,4$ визначники Гурвіца для швидкостей 38,4 м/с і 38,5 м/с мають наступні значення.

Для $v = 38,4$ м/с $D_1 = 37,3047$; $D_2 = 21355,3$; $D_3 = 70119,79$; $D_4 = 0,105 \cdot 10^{10}$. Для $v = 38,5$ м/с $D_1 = 37,2937$; $D_2 = 21338,3$; $D_3 = -2641,92$; $D_4 = -0,397 \cdot 10^8$.

Визначники D_3 і D_4 з підвищенням швидкості до 38,5 м/с змінили знак, таким чином, критерій Гурвіца не виконується, рух автомобіля при даній швидкості є нестійким.

На рис. Б.12 представлений графік, який вказує на те, що (при незмінних параметрах шин задньої осі) зменшення тиску повітря в шинах передньої осі призводить до збільшення значення критичної швидкості.

Для випадку $P_{wl} = 0,17$ МПа, критерії Гурвіца для швидкостей 38,45 м/с і 38,5 м/с мають наступні значення.

Для $v = 38,45$ м/с $D_1 = 37,299$; $D_2 = 21346,8$; $D_3 = 33674,1$; $D_4 = 0,506 \cdot 10^9$. Для $v = 38,5$ м/с $D_1 = 37,2937$; $D_2 = 21338,3$; $D_3 = -2641,95$; $D_4 = -0,397 \cdot 10^8$.

Критерії D_3 і D_4 з підвищенням швидкості до 38,5 м/с змінили знак, таким чином, критерій Гурвіца не виконується, рух автомобіля при даній швидкості є нестійким.

Твердження про позитивний вплив зменшення тиску повітря в шинах передньої осі на величину критичної швидкості є загальновідомим та подається в багатьох джерелах як спосіб отримання недостатньої поворотності автомобіля, однак використана в даній роботі методика дозволяє пов'язати зміну тиску зі ступінню зносу протектора.

3.4 Аналіз поведінки моделі автомобіля з керуючим колісним модулем у випадку дії збурюючого впливу

При прямолінійному русі автомобіля на нього діють різні збурення, які обумовлені швидкістю та інтенсивністю руху, властивостями дорожнього покриття і шин тощо. Беручи до уваги вимоги Правил дорожнього руху

України щодо максимальної швидкості на автомагістралях, до математичної моделі закладаємо постійну швидкість 130 км/год (36,11 м/с). Збурюючий вплив моделюємо поворотом при $t = 0$ (t – час) передніх коліс автомобіля на кут 0,01 рад (близько 0,57 град). Такий вид збурення („ривок руля”) використаний для аналізу поведінки моделі автомобіля Л.Г. Лобасом і В.Г. Вербицьким в роботі [80].

Розглянемо випадок руху автомобіля з новими шинами і рекомендованим тиском повітря в шинах ($P_{w1} = 0,17$ МПа; $P_{w2} = 0,20$ МПа) за допомогою фазових портретів змінних $\dot{\theta}$ і θ та $\dot{\omega}$ і ω . Ці фазові портрети представлені на рис. Б.13 і Б.14. Їх особливість полягає у різкій початковій зміні графіка з поступовим затуханням збурення, тобто максимальні відхилення фазових координат, що виникають в результаті дії на автомобіль „ривка руля”, належать до області тяжіння початкового прямолінійного руху автомобіля.

Таким чином, фазові портрети на рис. Б.13 і Б.14 характеризують стійкий рух автомобіля. На рис. Б.15 і Б.16 представлені фазові портрети для випадку, коли шини на передній осі зношені на 70%, тиск повітря в шинах – $P_{w1} = 0,17$ МПа; $P_{w2} = 0,17$ МПа.

В даному випадку характер графіків змінюється. Після початкового збурення починаються коливання колісного модуля. Амплітуда коливань починаючи з 0,004 рад поступово збільшується. Аналогічна картина з кутовою швидкістю центра мас автомобіля. Тобто автомобіль втрачає стійкість.

3.5. Вибір розташування шин зі зносом протектора на автомобілі

Використовуючи програму, яка дозволяє проводити аналіз стійкості руху автомобіля за допомогою критерія Гурвіца, можна побудувати графіки, за якими визначаються умови стійкості в залежності від ступеню зносу

протектора шин передньої і задньої вісі. Так для швидкості 40 м/с і тиску повітря в шинах $P_{w1} = 0,17$ МПа; $P_{w2} = 0,20$ МПа отриманий графік, зображений на рис. Б.17.

При заданих значеннях тиску дозволяє вибрати оптимальне розташування шин по осях. Наприклад, на передню вісь встановити шини з $\Delta h_1 = 0,4$, на задню – з $\Delta h_2 = 0,8$.

Аналогічну діаграму можна отримати для величин тиску повітря в шинах передньої і задньої осі. Для випадку нових шин на обох осях діаграма має вигляд представлений на рис. Б.18.

Використання наведених вище діаграм є найбільш зручною реалізацією рекомендацій щодо практичного застосування результатів досліджень. Після визначення параметрів шин, які встановлені на автомобілі, ці параметри закладаються в програму. Аналіз отриманих за допомогою програми діаграм дозволяє намітити напрямок покращання курсової стійкості руху автомобіля (наприклад, зміна тиску повітря в шинах однієї осі або перестановка шин) і перевірити вірність обраного рішення контрольним розрахунком.

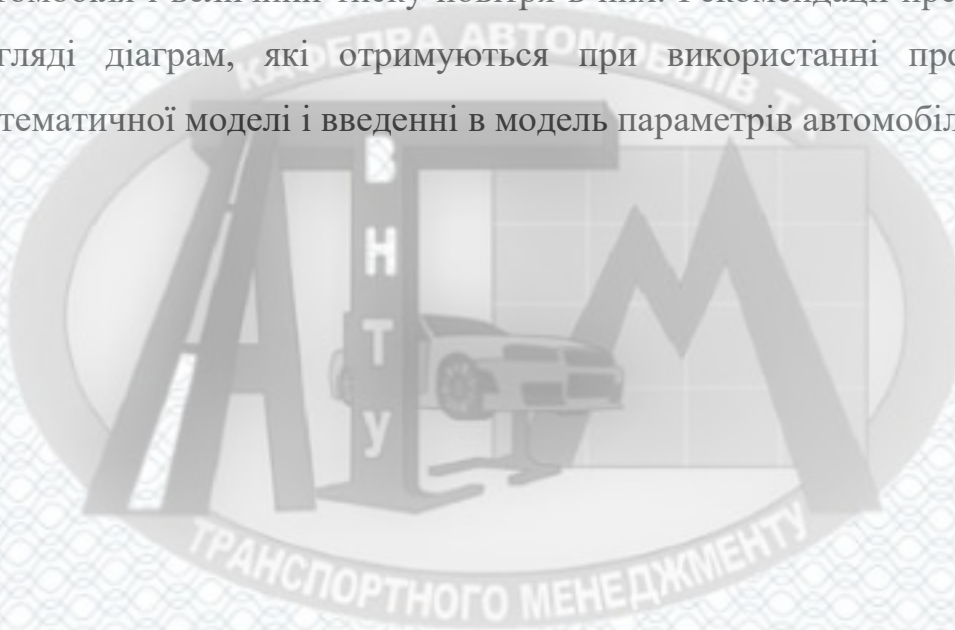
3.6. Висновки до розділу 3

1. В результаті аналізу прямолінійного руху моделі автомобіля з керуючим колісним модулем за допомогою метода побудови діаграм максимальних власних значень моделі і подовжньої швидкості руху визначено, що встановлення шин зі зносом протектора на передню вісь автомобіля зменшує критичну швидкість руху. Ступінь цього впливу залежить від встановленого тиску повітря в шинах та навантаження на осі.

2. Корегуванням тиску повітря в шинах можна виправити негативний вплив зносу протектора на величину критичної швидкості руху автомобіля.

3. Побудовані фазові портрети для випадку руху автомобіля за колом. Даний метод також підтвердив, що при використанні шин зі значущим зносом на передній вісі, автомобіль втрачає стійкість. Корегування тиску повітря в шинах покращує показники стійкості.

4. Використання приведеної методики дозволяє виробити рекомендації щодо оптимального розташування шин зі зносом протектора на автомобіля і величини тиску повітря в них. Рекомендації представляються у вигляді діаграм, які отримуються при використанні програми аналізу математичної моделі і введенні в модель параметрів автомобіля і шин.



РОЗДІЛ 4

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЯ НА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Огляд загальних питань

Завданням даної роботи є зменшення шкідливих викидів транспортними потоками автомобілів.

Нижче наведено аспекти вирішення актуальної проблеми зниження витрат палива та токсичних викидів бензинових і дизельних двигунів. Досягти цих результатів можна, зокрема, раціональним вибором експлуатаційних факторів. Відомо, що кількість шкідливих викидів автомобілями в умовах руху залежить від багатьох експлуатаційних факторів. Тому представляється важливим визначення оптимального співвідношення різних факторів щодо економічності, токсичності рухомого складу при русі.

Зниження шкідливих викидів і витрати палива двигунами автомобілів в експлуатаційних умовах, досягається шляхом раціонального керування автомобілем, витримування оптимального режиму руху автомобіля, раціонального використання його вантажопідйомності або пасажировмісності, оптимізації дорожніх факторів, підтримки двигунів автомобілів у технічно справному стані при оптимальних регулюваннях систем і механізмів на СТО, вибору оптимальних методів регулювання автомобільних двигунів в експлуатаційних умовах.

Задачі аналітичного дослідження наведені нижче.

1. Дослідження, за допомогою математичних моделей, впливу основних експлуатаційних факторів на величину шкідливих викидів автомобілями й оптимізація величини керованих факторів.

Дослідження і розробка рекомендацій з перевірки технічного стану й оптимальних регулювань двигунів з використанням складових газів, що відробили, як діагностичних параметрів.

Аналіз теоретичних й експериментальних досліджень з впливу способу регулювання дизелів в експлуатаційних умовах на кількість шкідливих викидів і витрат палива автомобілями.

2. Розробка рекомендацій з використанням результатів досліджень з метою зниження шкідливих викидів і витрати палива при експлуатації автомобілів.

Фактори, що визначають величину шкідливих викидів двигунами автомобілів в експлуатаційних умовах

Токсичність автомобіля з двигуном внутрішнього згорання в експлуатаційних умовах залежить від багатьох факторів. Іспитів, що направлені на визначення цих факторів не проводилося. Тому використані результати робіт, в яких розглядаються і класифікуються фактори, що визначають закономірності руху та економічність автомобіля в експлуатаційних умовах.

Це можливо, тому що токсичність автомобіля, характеризується масовим викидом шкідливих речовин на одиницю шляху, як і витрати палива, які визначаються режимом роботи двигуна і швидкістю руху автомобіля, на які впливають багато факторів.

В роботі [1] доктора технічних наук Г.Б.Безбородовой і канд. техн. наук В.Г. Галушко розглядаються закономірності руху автомобіля. Всі параметри, які входять в цю систему, розподіляються на три групи: конструктивні, дорожні та режимні.

В роботі [2] розглянуті фактори, що впливають на економічність автомобіля в експлуатаційних умовах. Фактори поєднані в групи, що характеризують автомобіль, дорогу, транспортний потік, поведінку водія й погоду.

При дослідженні токсичності автомобіля до факторів, що впливають на витрати палива, слід віднести ті, які характеризують двигун, як джерело викиду шкідливих речовин і закономірності зміни цих викидів на різних режимах. Таким чином, фактори, що визначають токсичність автомобіля в експлуатаційних умовах, розділено на п'ять груп.

До першої групи відносять фактори, які визначають конструктивні особливості автомобілів цілому й ті, які характеризують його двигун як джерело викиду шкідливих речовин: тип і модель автомобіля, його власна маса й вантажопід'ємність або пасажиромісткість, тип двигуна і його універсальна токсична характеристика, тип трансмісії, її передаточні числа й механічний к.к.д., характеристики ходової частини (динамічний радіус і радіус кочення колеса, момент інерції колеса), фактор опору повітря.

До другої групи відносять дорожні фактори. Це загальна характеристика дороги, тип покриття і його характеристики (коефіцієнт опору кочення колеса автомобіля, коефіцієнт зчеплення, рівність покриття), профіль та план дороги, кількість і тип перехресть та пішохідних переходів і відстань між ними, метод, який був прийнятий для управління дорожнім рухом

Третю групу складають фактори, які визначають вплив водія на кількість шкідливих викидів автомобілем. Це перед усім, величина і швидкість переміщення елементів управління двигуном, момент і час перемикання передач, вибрані в конкретних умовах швидкість руху автомобіля й передача в коробці передач, режим руху.

В четверту групу входять фактори, які характеризують умови руху автомобіля у транспортному потоці – інтенсивність руху і склад транспортного потоку.

До п'ятої групи входять фактори, які характеризують кліматичні умови: температура і тиск навколишнього середовища, вологість повітря.

При складанні розглянутої класифікації не приймалось до уваги те положення, що одні фактори, які є характеристиками автомобіля, можуть приймати різні значення в залежності від експлуатаційних умов. Особливо це відноситься до токсичної характеристики двигуна, яка значно змінюється в залежності від технічного стану і регулювання його систем і механізмів на СТО. Особливо великий вплив на токсичність бензинового двигуна здійснюють регулюванням систем живлення та запалювання, дизеля – системи паливободачі. Вплив технічного стану та регулювання інших систем і механізмів двигуна на протікання токсичної характеристики двигуна досліджена менше. Особливу цікавість визиває питання про вплив технічного стану тих вузлів двигуна, які не піддаються регулюванням у період експлуатації автомобіля. В першу чергу це відноситься до циліндро-поршневої групи. Вплив її технічного стану та зносу по мірі збільшення пробігу автомобіля на величину шкідливих викидів досліджувалося в багатьох роботах, результати яких мають деякі протиріччя.

В роботі [3] відмічається, що мінімум токсичності і витрати палива автомобілем з бензиновим двигуном відповідає повній приробці деталей, яка у різних моделей відповідає 20...50 тис. км. пробігу. Часто мінімум спостерігається при менших пробігах, а далі спостерігається постійне підвищення викидів шкідливих речовин в середньому на 50%, а витрати палива на 15%. Однак, це підвищення, як правило не є результатом зносу двигуна, а визивається порушенням в роботі систем живлення і запалювання, так як при справних цих системах навіть у двигунів, які мають граничні зноси, підвищення викидів шкідливих речовин на перевищує 10...15%.

4.2. Дослідження шкідливих викидів двигунами у навколишнє середовище

Як наведено раніше, токсичність двигунів автомобілів, як і економічність, в експлуатаційних умовах визначається великою кількістю взаємозалежних чинників, які мають різний характер і інтенсивність впливу.

При цьому фактори відносяться до різних об'єктів, вплив яких необхідно дослідити. В цьому разі єдиним можливим напрямком рішення цієї складної задачі є системний підхід.

Система – людина-машина, включає разом з автомобілем водія. Ціллю функціонування такої системи є виконання транспортної роботи найбільш ефективно. Ціллю проведеного дослідження системи з використанням системного аналізу є визначення вагомості впливу різних експлуатаційних факторів на ефективність функціонування системи і вибір оптимальних значень цих факторів.

У зв'язку з великою кількістю факторів, які визначають шкідливі викиди в даній системі, впровадимо ряд обмежень, розглядаючи тільки ті фактори, які здійснюють найбільший вплив, може бути оцінене кількісно і є керованими. До таких обмежень відносять наступне:

1. Система функціонує в нормальних атмосферних умовах.
2. При дослідженні впливу водія на вихідні параметри системи враховуються тільки ті фактори, які характеризують його професійну майстерність.
3. При дослідженні системи розглядається тільки прямолінійний рух автомобіля.
4. При розрахунку шкідливих викидів в системі враховуються тільки газоподібні шкідливі речовини та сажа, які виділяються разом з двигунів, вимірювання яких можливо газоаналізуючою апаратурою.

5. При дослідженні системи приймається, що двигун автомобіля, а також елементи трансмісії прогріті до нормального теплового стану.

6. Для розрахунку кількості шкідливих викидів в системі приймаються токсичні характеристики вірно відрегульованого двигуна, який не має граничних зносів, отриманих на підставі експериментальних досліджень.

7. При дослідженні впливу дороги на кількість шкідливих викидів в системі розглядаються тільки такі її характеристики як опір коченню колеса автомобіля, кут подовжнього профілю і відстань між перехрестями.

8. Дорожнє покриття розглядається тільки в сухому стані. Часткове буксування ведучих коліс виключається.

9. Швидкість автомобіля в системі не повинна перевищувати величин дозволених правилами дорожнього руху.

10. При розрахунку шкідливих викидів в системі приймається, що при вимірі режиму роботи двигуна попередній режим роботи не впливає на послідуєчий.

11. Не враховуються втрати енергії в шинах при русі автомобіля.

12. Не враховуються можливі зміни складу суміші бензинового двигуна, що пов'язані з положенням автомобіля на дорозі з подовжніми ухилами. Як показали проведені в роботі експерименти, ці зміни незначні.

4.3. Аналіз існуючих їздових циклів і перехід до досліджуваного циклу

Вивчення і дослідження транспортного потоку, як джерела забруднення навколишнього повітря неможливо без обліку того, що він є сумою впливів одиночних автомобілів. А екологічна безпека одиночного автомобіля визначається не тільки його конструкцією, але і технічними умовами роботи автомобіля. До технічних умов можна віднести якість застосовуваних палив і олій, умови збереження автомобілів, якість технічного обслуговування, кваліфікацію водія, дотримання рекомендованих навантажувальних і швидкісних режимів і т.д. У

загальному випадку швидкісні режими руху автомобіля в експлуатації складаються з наступних фаз:

- розгону з місця і переключенням передач від швидкості рівної нулеві, до кінцевої швидкості розгону;
- рівномірний рух зі швидкостями, які можна прийняти за сталі, рівними кінцевої швидкості розгону;
- уповільнення від швидкості, рівної кінцевої швидкості розгону або сталого руху, до початкової швидкості гальмування;
- гальмування від кінцевої швидкості уповільнення до швидкості, рівної нулю.

При цьому, до режиму уповільнення відносяться: накат, гальмування двигуном і гальмування гальмом-сповільнювачем. Гальмування основним (ножним) гальмом до зупинки здійснюється з відключенням двигуна від трансмісії.

У наслідок різного сполучення в циклі перерахованих вище фаз руху цикли можуть бути найрізноманітнішими за формою і величиною. Найбільша їхня розмаїтість спостерігається тоді, коли автомобіль працює з частими нерегулярними і випадковими перешкодами і зупинками, як, наприклад, в умовах міського маршрутного руху.

Режим уповільнення автомобіля з дизелем має свої особливості. При уповільненні важіль керування подачею палива переміщується в нульове положення. При цьому рейка переміщається убік вимикання подачі палива і припиняється подача палива в циліндри двигуна ($\varphi_p(t)=0$). Тому, для автомобіля з дизелем шкідливі викиди в режимі примусового холостого ходу дорівнюють нулю. Таким чином, в імітаційній моделі розглядається уповільнення тільки автомобіля з бензиновим двигуном.

На ділянці уповільнення в режимі примусового холостого ходу частоту обертання двигуна n_d визначають по формулі:

$$n_d = \frac{V U_i U_p 30}{\pi r_k}, \quad (4.1)$$

де r_k - радіус кочення, м.

Витрата повітря і палива в режимі примусового холостого ходу приймаються постійними, рівними витратам у режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу.

При уповільненні, дорожні умови характеризується залежністю, що визначає коефіцієнт опору коченню f і кутом подовжнього профілю дороги α_B .

$$f = f_0(1 + A \cdot V^2), \quad (4.2)$$

де A - постійний коефіцієнт ($A = (4 \dots 5) \cdot 10^5$).

При гальмуванні автомобіля з приєднаним двигуном (дизель, бензиновий) зміна частоти обертання двигуна описується рівнянням:

$$n_d = n_{дкі} - f_{тм} \frac{30 U_i U_p}{\pi r_k},$$

$$\text{От } n_{дкі} \text{ до } n_{дт} = \frac{30 V_{кт} U_i U_p}{\pi r_k}.$$

Кваліфікація водія характеризується величиною уповільнення j , дорожніми умовами і кутом α_B .

При гальмуванні автомобіля з відокремленим бензиновим ДВС зміну частоти обертання двигуна від $n_{дкі}$ до $n_{хх \min}$ описується рівнянням:

$$n_d = n_{дк1} \cdot l^{\frac{30\kappa}{\pi d}},$$

де I_d - момент інерції двигуна.

Параметри руху автомобіля за вибігом визначаються по рівнянню (4.3),

при гальмуванні від $V_{акі}$ до $V_{кт}$:

$$V_{кт} = V_{акі} - jt.$$

У період відокремлення двигуна рух автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\delta(M_0 + M_{гр})} \frac{M_m U_i U_p}{r_d \eta_r} - P_f \pm P_i + P_w \quad (4.3)$$

Вибіг і гальмування з відокремленим дизелем описується рівнянням руху дизеля тими підходами, що і переключенні передач від n_d до $n_{хх\ min}$ (4.4).

$$\left. \begin{aligned} \frac{dn_d}{dt} &= \left[Mi(g_u, n_d) - M_m(n_d) \right] \frac{30}{I_d \pi}, \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{1}{g} \left[P_u(z, n_u) - E[\varphi_p(t), z] \right], \\ \varphi_p(t) &= 0, \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{1}{\delta_1(M_0 + M_{ep})} \left[-P_{f1} \pm P_i - P_w \right] \end{aligned} \right\}$$

Кваліфікація водія за вибігом не робить впливу, при гальмуванні. Воно характеризується величиною уповільнення j , дорожніми умовами і кутом α_n – за вибігом, при гальмуванні приймається, що коефіцієнт зчеплення забезпечує гальмування з уповільненням j .

Концентрації шкідливих речовин, витрата палива і повітря в режимі n_{xx}

$$K_i, G_T, G_B = A_0 + A_1 n_d + A_{11} n_d^2.$$

При роботі автомобіля з бензиновим двигуном і з дизелем у режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу $n_{xx \min}$, токсичні й економічні показники приймаються за даними експериментальних досліджень.

Двигун, як джерело викиду шкідливих речовин і споживач палива і повітря, описується наступним алгебраїчним рівнянням:

$$C_{Tx}, G_{Bx}, k_{ix} = D_{x0} + D_{x1} n_d + D_{x2} n_d^2, \quad (4.6)$$

де D_{x0}, D_{x1}, D_{x2} - значення коефіцієнтів .

Відповідно до поставленої мети, в роботі можуть вирішуватися наступні задачі:

1. Розробка математичної моделі одиночного автомобіля в різних режимах руху.
2. Розробка математичної моделі для визначення витрати палива і шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту в експлуатаційних умовах.
3. Проведення експериментальних досліджень по забрудненню пришляхового середовища.
4. Перевірка можливості застосування математичної моделі для розрахунку витрати палива і викидів шкідливих речовин одиночним автомобілем.
5. Проведення досліджень на математичних моделях по визначенню ефективності впровадження різних заходів, спрямованих на зниження витрати палива і шкідливих викидів рухомим складом.
6. Розробка рекомендацій зі зниження забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом.

Відповідно до Правил N 83-01 ЄЕК ООН при іспиті по їздовому циклі викиди шкідливих речовин легковими автомобілями з двигунами, що працюють на етильованому бензині, обмежують виходячи з контрольної маси автомобіля. При цьому в залежності від контрольної маси встановлюють норми викидів оксиду вуглецю і суми вуглеводнів і оксидів азоту в г/іспит для серійних автомобілів. Тому, виходячи з контрольної маси автомобіля, для якого встановлюється перекладний коефіцієнт, і маси базового автомобіля і відповідних їм норм викидів CO, CH і NO_x установлювався коефіцієнт для розрахунку викиду даної шкідливої речовини, як відношення норми викиду цієї речовини розглянутого і базового автомобілів.

Відповідно до Правил N 49-02 ЄЕК ООН викиди шкідливих речовин

при іспиті по 13-ти східчастому циклі вантажних автомобілів з дизелями обмежують виходячи з величини шкідливих викидів на одиницю виконаної дизелем роботи (у г/(квт-ч)). Тому що робота двигуна автомобіля, за інших рівних умов, що можна застосовувати для автомобілів у транспортному потоці, в основному залежить від маси автомобіля, те перекладні коефіцієнти в цьому випадку можуть бути прийняти, як відношення повних мас розглянутого і базового автомобілів.

Така ж методика прийнята для визначення перекладних коефіцієнтів для вантажних автомобілів і автобусів з бензиновими двигунами, тому що відповідно до вимог застосовуваного раніше ОСТ 37.001.234-81 нормувався викид шкідливих речовин у г/(квт'ч) при іспиті автомобіля або його двигуна по 13-ти східчастому циклі.

4.4 Вплив експлуатаційних факторів на кількість шкідливих викидів і витрата палива

Означені питання почали вивчатися біля 50 років тому на АТЗ, які мали зовсім іншу структуру.

З використанням математичної моделі отримані залежності пробігових викидів шкідливих речовин і витрати палива від основних експлуатаційних факторів, що входять у систему, для автомобілів з бензиновим двигуном і дизелів.

Дослідження впливу параметрів підсистеми "водій" на автомобілях з бензиновими двигунами показали, що при розгонах автомобілів основний вплив на пробігові викиди шкідливих речовин і витрата палива, робить величина кута відкриття дросельних заслінок $\varphi_{др}$ і частоти обертання $n_{дкі}$.

Відомі залежності від цих факторів пробігових викидів основних шкідливих речовин (g_{CO} , g_{CH_4} , g_{NOx} , $g_{\Sigma Z}$) і середньої швидкості V_{cp} при розгоні автомобіля ГАЗ-24 "Волга" до швидкості 60 км/год.. Порівняння проводилося для однакового шляху, пройденого автомобілем, тобто у випадках більш інтенсивного розгону частину шляху автомобіль рухався в сталому режимі.

Аналіз змін збитку від шкідливих викидів, витрат на паливо, продуктивності автомобіля, а також зручності керування автомобілем показав, що оптимальним при розгоні автомобіля ГАЗ-24 "Волга" є кут відкриття дросельних заслонок $\phi_{др} = 50\%$ ($\Delta p_k = 15 \dots 25$ кПа) і частота обертання в моменти переключення передач $n_{дкі} = 2500$ хв⁻¹.

Дослідження процесу розгону автомобіля МАЗ-500 С дизелем при всережимному регулюванні показали, що практично при будь-якому положенні важеля керування подачею палива, установлюваному водієм, рейка паливного насоса при розгоні знаходиться в положенні, що відповідає зовнішній швидкісній характеристиці. Це не дозволяє водієві керувати інтенсивністю розгону в широких межах і впливати на кількість шкідливих викидів і витрата палива.

Швидкість переміщення органа керування подачею палива у час переключення передач у меншому ступені впливають на токсичність і економічність автомобіля. Збільшення швидкості відкриття дросельних заслонок автомобіля ГАЗ-24 «Волга» з 50% до 300% приводить до погіршення економічності на 2,6% і збільшенню шкідливих викидів на 1%. Аналогічні дані отримані для автомобілів ЗИЛ-130 і КамАЗ-5320. Збільшення часу переключення передач автомобіля ЗИЛ-130 при розгоні на асфальтобетонному шосе з 0,5 з до 2,0 із приводить до зниження середньої швидкості на 8% при практично однакових шкідливих викидах.

При русі автомобілів у сталих режимах, коли в бензинових двигунах не включається збагачувальний пристрій карбюратора, найменша кількість

шкідливих речовин викидається при включенні найбільш високої, можливої в даних умовах, передачі. При цьому економічність автомобіля найкраща.

Висновки за розділом

1. Вплив АТЗ на довкілля є багатовекторним.
2. Найбільше вивченими є питання, які пов'язані з функціонуванням ДВЗ.



РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні зростанню ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення її безпеки, зниження виробничого травматизму і захворюваності.

5.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці на дільниці, де проводиться діагностування шин для забезпечення курсової стійкості руху автомобілів.

При виконанні діагностики на робітників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори. До них належать:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих аерозолів та газів;
- застосування високих напруг;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- наявність теплового випромінювання.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт на дільниці, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт.

5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Виробничі приміщення діляться на 3 категорії. Діагностика відбувається у приміщеннях I категорії.

Нижче наведені вимоги до приміщення дільниці.

а) Приміщення, у якому розміщується робоче місце, повинно бути з щільними не протікаючими стелями. Підлоги варто робити непильними (метлахська плитка). Стіни - покриття олійною фарбою світлих тонів. Комунікації бажано робити схованими чи офарблювати олійною фарбою.

б) Приміщення повинне бути обладнане загальною приточно - витяжною вентиляцією згідно СНіП 2.04.05-91. Повітрязбірники приточної вентиляції повинні бути постачені пиловловлюючими фільтрами.

в) Загальне висвітлення бажане здійснювати газорозрядними лампами. Освітленість не менш 3000 лк.

г) Установка устаткування повинна дозволити проведення вологого прибирання приміщення не рідше 3-х раз у тиждень.

На дільниці є аптечка першої медичної допомоги, умивальник для миття рук.

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість %		Швидкість руху пов. м/с	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце				
Холодн.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Встановлені санітарно-гігієнічні показники мікроклімату. Мікроклімат характеризується наступними показниками: Т - температура повітря, °С; І - відносна вологість повітря, %; V - інтенсивність теплового опромінення, Вт/м²; - швидкість руху повітря, м/с.

Категорія робіт Пб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт).
Норми інтенсивності теплового опромінення (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 - Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-50	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, Вт/м ²	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в таблиці 5.3.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Таблиця 5.3 - Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин	100	4	П
Сірчана кислота	12	A	A
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	A

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше 38700 м³/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами $\geq 1,3$ м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні

систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією; забезпечувати стан повітря.

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

5.2.2 Освітлення

Освітлення здійснюється природнім та штучним освітленням. Коефіцієнт освітленості нормується з врахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, характеристики зорової роботи, системи освітлення фону і контрасту об'єкта з фоном.

Таблиця 5.4 - Вибір коефіцієнта сонячності клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату		
	При світлових проймах, що орієнтуються по сторонах горизонту (азимут, град)		
	136-225	226-315, 46-135	316-45
IV 50 с.ш. і південніше	0,7	0,75	0,95

Таблиця 5.5 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи й розмір розрізненої зорової роботи	Підрозряд зорової роботи контраст об'єкта розрізно з фоном	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення	Суміщене освітлення
			Освітленість, лк	КЕОен III %	КЕОен III %

						При комбінованому освітненні	При верхньому освітненні	При верхньому	При боковому	При верхньому	При боковому
Високої точності	0,3-0,5	III	б	середній	малий	1000	300	5	2	2,3	0,7-1,2

Коефіцієнт природної освітленості $e_{IV}=e_{III} \cdot m \cdot c = 1,9 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,35$.

Для загального освітлення в системі комбінованого необхідно встановити газорозрядні лампи, освітленість яких складає близько 300 лк.

5.2.3 Виробничий шум

Основними джерелами шуму є: робота двигуна, електродвигуна і компресора вентиляційної системи, робота силових трансформаторів.

У якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються: засоби звукоізоляції (звукоізоляції огороження, звукоізолюючі кожухи і кабіни, акустичні екрани і вигородки); засоби демпфування (лінійні і нелінійні); глушники шуму (адсорбційні, реактивні, комбіновані); засоби звукопоглинання (звукопоглинаючі облицювання, об'ємні поглинальники звуку), засоби віброізоляції (опори, що віброізолюють, пружні прокладки, конструктивні розриви).

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування малощумного технологічного процесу; оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю; застосування малощумних агрегатів; удосконалювання технології ремонту й обслуговування стенду; використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

Таблиця 5.6 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц								Рівні звуку та еквівале нтні рівні звуку в дБ(А)	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

5.2.4 Вібрації

При роботі працюючий може піддаватися дії вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева - окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації (“комбінована вібрація”)

Існують наступні види захисту: боротьба в джерелі виникнення боротьба на шляху розповсюдження; засоби індивідуального захисту використовуються додатково (вкладиші в рукавиці, взуття на спеціальних віброзахисних підборах).

Таблиця 5.7 - Категорія вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип «а» Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Таблиця 5.8 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	Хл, Ул, Зл	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип “а”	Z0.Y0.X0	0,1	100	0,2	92

5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

До роботи на ділянці повинний допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає пристрій і роботу установки, що комплектує устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес.

Вентиляція, що відсмоктує, повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Профілактичне очищення стінок камери робити пилососом і металеву щіткою.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

5.3.1 Електробезпека

За ступінню електробезпеки дільниця відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так як присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин. Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для проведення контролю радіоактивного забруднення притягують групи (ланки) спеціальної і загальної розвідки, що входять в склад рятувальних формувань.

Ланки радіометричного контролю проводять роботи на пунктах спеціальної обробки (ПуСО), санітарно – обмиваючих пунктах (СОП).

Пункт спеціальної обробки ПуСО призначається для проведення повної санітарної обробки особового складу і населення, повної дезактивації, дезінфекції озброєння, техніки, дезактивації і дезінфекції обмундирування, одягу, взуття і засобів захисту.

Під дезактивацією будемо розуміти видалення (зниження концентрації радіоактивних речовин з забруднених поверхонь (доріг, обладнання, техніки, транспортних засобів)) і різних середовищ (повітря, води до допустимих норм).

Пункт спеціальної обробки розгортається на незараженій місцевості близько або безпосередньо в районі дії сил ЦО, що підлягають спеціальній обробці. Станція обеззаражування транспорту (СОТ) створюється для проведення повного обеззаражування техніки і автотранспорту невоєнізованих формувань ЦЗ. СОТ формується на базі автомобільних колон, гаражів, міських автогосподарств, станцій технічного обслуговування автомобілів, трамвайних і троллейбусних депо.

ПуСО включає в себе: контрольно-розподільчий пункт (КРП); майданчик спеціальної обробки автотранспорту (МСОА); майданчик технічного обслуговування і повторної обробки (МТО); майданчик санітарної обробки (МСО); вихідний пункт дозиметричного контролю обробленого транспорту (ВПДК); майданчик відстою сильно забрудненого автотранспорту (МВЗТ).

На кожному з цих перелічених майданчиків виконуються роботи по очищенню вузлів і агрегатів автомобіля.

Обробка транспорту з розбиранням займає дуже багато часу і її проведення для різних видів транспорту специфічна. Тим не менш така тривала процедура обходиться дешевше, чим випуск нової техніки. Тому при зараженні виникає необхідність у створенні ПуСО. Спеціальна обробка включає знезараження різних поверхонь і санітарну обробку особового складу формувань і населення.

Дезактивація – видалення радіоактивних речовин із заражених поверхонь транспортних засобів і техніки, будинків і споруджень, території, одягу і засобів індивідуального захисту, а також з води. Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з нею застосовуються спеціальні

препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти і луги.



ВИСНОВКИ

Під час практики та виконання магістерської кваліфікаційної роботи, проведено аналітичне дослідження небезпечних впливів руху автомобілів на екологію навколишнього середовища. Розглянуті роботи на СТО та інші операції з дієвими компонентами системи «автомобіль – екологія довкілля», які можуть сприяти поліпшенню здоров'я людини і безпеці первинної природи планети.

Виокремлена та досліджена науково-технічна задача з оцінки впливу технічного стану еластичних рушіїв на стійкість руху автомобіля, порушення якого значуще звеличують викиди токсичних речовин в довкілля з контакту колеса і дороги.

Сформовані рекомендації для СТО з виконання робіт, які пов'язані з використанням шин, що мають різний знос протектору. Рекомендовано підвищити курсову стійкість руху автомобіля шляхом: певного корегування тиску повітря в шині; установки на передню та задню осі шин з різним ступенем зносу (на передню 40 %, на задню 80 % для швидкості біля 40 м/с).

Розраховано число постів на СТО з використанням теорії імовірності.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник / О. А. Лудченко. – К. : Вища шк., 2007. – 527 с. : іл.
2. Ходова частина автомобіля [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.cars-parts.com.ua/hodova-chastyna-avtomobilya/> Ходова частина автомобіля (дата звернення 10.05.2015) – Назва з екрана.
3. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : ГОСТ 2.105–95. – К. : Госстандарт Украины, 1996. – 29 с. – (Нормативные директивные правовые документы).
4. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – К.: Знання, 2004. – 478 с.

5. Кути встановлення керованих коліс [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://ncpn.net.ua/stablzacya-kerovanih-kols.html> Кути встановлення керованих коліс (дата звернення 10.05.2015) – Назва з екрана.
6. Маркування шин [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Автошина#.D0.9C.D0.B0.D1.80.D0.BA.D1.83.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.BD.D1.8F_.D1.88.D0.B8.D0.BD Маркування шин (дата звернення 10.05.2015) – Назва з екрана.
7. Ходова частина Audi A4 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://automn.ru/audi-a4-94/audi-1063-10.m_id-103.html Ходова частина Audi A4 (дата звернення 11.05.2015) – Назва з екрана.
8. Діагностика ходової частини Audi A4 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://www.autocentre-europe.com.ua/ru/maintenance/repair/repair_marks/ Підвіска Audi A4 (дата звернення 11.05.2015) – Назва з екрана.
9. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР : навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
10. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
11. Технологічне обладнання [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://www.cornltd.com.ua/userfiles/Cornltd%2026_03_09.pdf Технологічне обладнання (дата звернення 21.05.2015) – Назва з екрана.
12. Вимоги до будівельних конструкцій [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-43/7.htm> Вимоги до будівельних конструкцій (дата звернення 21.05.2015) – Назва з екрана.
13. Fahrsicherheitssysteme. BOSCH. [E. Siegert, H. Geisler, A. van Zanten, R. Becker und andere.] ; red. Horst Bauer. – [2. – aktualisierte und erw.]. – Braunschweig, Wiesbaden : Vieweg, 1998. – 249 S.

14. Лужанський Д. М. Про особливості автобусних шин / Д.М. Лужанський, О.С. Марценюк, В.О. Костюк // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 9 листопада 2020 – 14 травня 2021 року, Вінниця – ВНТУ. 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/10966>.

15. Макаров В.А. Про оцінку можливості та необхідності методологічної підтримки напрямів розвитку сучасної автомобільної техніки / В.А. Макаров, Т.В. Макарова // Вісник Вінницького політехнічного інституту» № 2 (149). 2020. – С. 89-98.

16. Ruth Blanck, Johanna Kresin, Stefan Kliniski Umweltrecht an der HWR Berlin Klimaschutz im Verkehr: Reformbedarf der fiskalpolitischen Rahmenbedingungen und internationale Beispiele. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-im-verkehr-reformbedarf-der>.

17. Landwirtschaft und klima. <https://www.greenpeace.de/landwirtschaft-und-klima>. Заголовок з екрану.

ДОДАТКИ

