



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»



КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Підвищення керованості та стійкості легкових автомобілів на базі ФОП
«Ковальов Олександр Стефанович» с. Соколівське Кропивницького району
Кіровоградської області»

Виконав:

магістрант групи АТ 23М-1 _____ Євгеній ЄМЕЛЬЯНОВ
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

д.т.н., професор _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(науковий ступінь, ім'я та прізвище) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент _____ Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, ім'я та прізвище) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

_____ (науковий ступінь, ім'я та прізвище) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт машин»

Сергій МАГОПЕЦЬ

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Ємельянову Євгенію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Підвищення керованості та стійкості легкових автомобілів на базі ФОП «Ковальов Олександр Стефанович» с. Соколівське Кропивницького району Кіровоградської області»

керівник роботи Щепеленко Ігор Віталійович,

д.т.н.

професор

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчений звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «07» серпня 2024 року №45-13

2. Строк подання здобувачем роботи «02» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Розділ 1. Історія створення підприємства ФОП «Ковальов Олександр Стефанович». Обґрунтування теми магістерської роботи. Висновки по розділу 1.

4.2 Розділ 2. Основні поняття в області керованості та стійкості автомобілів. Критерії та методи оцінки керованості та стійкості автомобіля. Способи підвищення стійкості автомобілів. Вплив стану шин на керованість автомобіля. Висновки по розділу 2.

4.3 Розділ 3. Підвищення активної безпеки шляхом управління тиском повітря в шинах. Керування тиском повітря в шинах в залежності від ступеня їх завантаження. Вплив показників жорсткості шин на керованість та стійкість автомобіля. Вплив конструкції шини на покращення керованості та підвищення стійкості автомобіля. Техніка безпека та охорона праці при виконанні шиномонтажних робіт. Висновки по розділу 3.

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(іст'я та політикс)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена пошуку шляхів підвищення керованості та стійкості легкових автомобілів.

Метою представленої роботи є покращення активної безпеки легкових автомобілів шляхом підвищення їх керованості та стійкості.

Об'єктом дослідження є керованість та стійкість руху легкових автомобілів.

Предметом дослідження є визначення шляхів підвищення керованості та стійкості легкових автомобілів.

В роботі особливу увагу звернуто на можливість підвищення активної безпеки автомобіля шляхом керування тиском повітря в шинах автомобіля. Показник керування тиском повітря в шинах визначено як обов'язковий, який безпосередньо впливає на керованість та стійкість легкових автомобілів. Автоматичне керування тиском у шинах дасть змогу підвищити швидкісні якості автомобіля, поліпшити його керованість і стійкість на дорогах із різними видами дорожнього покриття в умовах змінних параметрів довкілля, подовжити термін служби шин, поліпшити комфортабельність автомобіля і загалом – підвищити безпеку дорожнього руху.

Знаючи принципи зміни тиску в шинах залежно від швидкості автомобіля, що забезпечують оптимальні показники плями контакту шини з дорогою, а також рівняння, за яким здійснюється ця зміна, запропоновано до використання алгоритм керування повітрям в шинах в залежності від швидкості автомобіля.

Визначений взаємозв'язок між жорсткості шини та експлуатаційними властивостями автомобіля, насамперед – стійкістю руху та керованістю.

Доведено, перспективність і доцільність застосування шин з регульованим тиском низькопрофільних конструкцій підвищення керованості та стійкості автомобіля.

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків; містить 68 сторінок тексту, 26 рисунків, 2 таблиці.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....

**РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ СВТОРЕННЯ БАЗИ ПРАКТИКИ ТА
ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

1.1. Створення підприємства ФОП «Ковальов Олександр
Стефанович»

.....

1.2. Обґрунтування теми магістерської роботи.....

1.4. Висновки по розділу 1

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основні поняття в області керованості та стійкості автомобілів

2.1.1 Керованість автомобіля.....

2.1.2 Стійкість автомобіля.....

2.2. Критерії та методи оцінки керованості та стійкості автомобіля

...

2.3. Способи підвищення стійкості автомобілів

.....

2.4. Вплив стану шин на керованість автомобіля.....

2.5. Висновки по розділу 2.....

**РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ
КЕРОВАНOSTІ ТА СТІЙКОСТІ ЛЕГКОВИХ АТОМОБІЛІВ**

3.1. Підвищення активної безпеки шляхом управління тиском
повітря в шинах

3.2. Керування тиском повітря в шинах в залежності від ступеня їх
завантаження

3.3. Вплив показників жорсткості шин на керованість та стійкість автомобіля

3.4. Вплив конструкції шини на покращення керованості та підвищення стійкості автомобіля.....

стор.

3.5. Техніка безпека та охорона праці при виконанні шиномонтажних робіт

3.6. Висновки по розділу 3

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

Вступ

Автотранспортний транспорт виконує життєво важливі функції перевезення пасажирів і вантажів. Він визначає обороноздатність країни, надійність комунікацій, інтенсивність переміщення, продуктивність праці, конкурентоспроможність національної економіки та рівень життя населення. Інтенсивний розвиток автомобільного транспорту передбачає суттєве підвищення швидкостей і напруженості дорожнього руху.

Разом з тим, за результатами багатьох досліджень близько 6% дорожньо-транспортних пригод у населених пунктах та 36% поза ними відносять до випадків, коли водіям не вдається утримати транспортний засіб у межах смуги руху [1]. В інших випадках ДТП, причинами яких зазначено, що водій не впорався з керуванням автомобіля, не завжди можливо встановити істинну причину, що передувала аварії. Для вивчення причин таких ситуацій важливу роль слід відвести дослідженню керованості як експлуатаційній властивості автомобіля, що характеризує здатність транспортного засобу зберігати керованими параметри руху під впливом керуючих дій водія.

Керованість і стійкість автомобіля є найважливішими експлуатаційними властивостями і складовими активної безпеки автомобіля, оцінці цих властивостей в усьому світі надають великого значення.

Керованість і стійкість руху автомобіля залежать від багатьох факторів. Для того, щоб найбільш повно вивчити процеси, які відбуваються при русі автомобіля необхідно здійснити велику кількість спостережень і вимірів. Кожне з них може фіксувати лише деякі окремі фактори. Особливої уваги при

цьому заслуговують дослідження, які спрямовані на підвищення стійкості та керованості автомобілів.

Отже, актуальним на сьогодні залишається питання підвищення безпеки та надійності автотранспортних засобів малих класів. Адже, для легкових автомобілів підвищення ризику травматизму і тяжкості наслідків прослідковується з пониженням класу транспортних засобів [2].

РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА - БАЗИ ПРАКТИКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1. Створення підприємства ФОП «Ковальов Олександр Стефанович»

До початку 80-х років річний обсяг виробництва автомобілів в Радянському Союзі досяг понад мільйон. Очевидно, що виробничі потужності станцій держпослуг явно недостатні. В цей час починають з'являтися спеціальні станції технічного обслуговування. Як правило, вони розташовувалися в місцях зі значним скупченням автомобілів (гаражі, автостоянки, автомагістралі), зручних для клієнтів [3].

Наприкінці 90-х років приватний підприємець Ковальов Олександр Стефанович маючи на той час значний досвід роботи головним інженером на станції держпослуг, організував будівництво власної станції технічного обслуговування автомобілів, де започаткував проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт на автомобілях різних марок [3].

За більше ніж 30 років з початку свого існування підприємство зміцнювалось, підвищувалося його оснащення, зміцнювалося матеріально-технічна база, розросталося територія, яка на зараз має загальну площу 0,4 га. На території підприємства розташовані виробничі корпуси з, адміністративна будівля, кафе та автостоянка (рис. 1.1-1.3).

Зараз підприємство носить назву ФОП «Ковальов Олександр Стефанович» та знаходиться за наступною адресою: провулок Гаражний, 17, с.Соколівське Кіровоградської області Кропивницького району.

Досвід та кваліфікація робочого персоналу дозволяють на високому рівні виконувати такий перелік робіт:

- гарантійне та післягарантійне обслуговування та ремонт автомобілів;
- загальне та поглиблене діагностування технічного стану автомобілів, агрегатів, систем і вузлів;
- поточний і капітальний ремонт двигунів, агрегатів і вузлів автомобіля.



a)



б)



в)

Рис.1.1. Виробничі корпуси підприємства ФОП «Ковальов
Олександр Стефанович»



Рис.1.2. Відділення діагностування та ремонту автомобілів ФОП
«Ковальов Олександр Стефанович»



Рис.1.3. Виконання робіт з діагностування автомобілів на підприємстві «Ковальов Олександр Стефанович»

1.2. Обґрунтування теми магістерської роботи

Сучасний автомобіль являє собою складну систему, яка визначається великою кількістю параметрів і покликана відповідати низці різноманітних, часто суперечливих вимог, тому пошук найкращих конструкторських рішень на інтуїтивному рівні, як правило, не дає змоги досягти бажаного результату. Крім того, проблема створення конкурентоспроможних автомобілів накладає жорсткі обмеження на тривалість нових розробок та їхню вартість.

Слід зазначити, що більшої уваги заслуговують питання активної безпеки автомобіля. Зокрема, його керованість і стійкість постійно привертає увагу великої кількості дослідників, випробувачів і конструкторів і розглядається в сучасному автомобілебудуванні як один зі стратегічних напрямів, що визначають комплекс найважливіших експлуатаційних якостей автомобіля. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я [4] автомобіль, будучи найнебезпечнішим видом транспорту, посідає третє місце серед усіх причин смерті населення, причому для людей віком до 34 років - автомобільні дорожньо-транспортні пригоди посідають перше місце.

Необхідність поліпшення експлуатаційних властивостей легкових автомобілів зумовлена посиленням нормативних вимог, що пред'являються до них, і вимогами споживачів, відповідність яким особливо важлива в умовах конкуренції між виробниками автомобілів.

«Активна безпека, яка є однією з головних складових експлуатаційних властивостей автомобіля, істотно залежить від його керованості та стійкості. Таким чином, можна стверджувати, що керованість і стійкість автомобіля є найважливішими експлуатаційними властивостями і складовими активної безпеки автомобіля, оцінці цих властивостей у всьому світі надається велике значення» [5].

При цьому дослідники керованості та стійкості автомобіля зазвичай використовують розрахункові та експериментальні методи дослідження.

Розрахункові методи оцінки розглянутих властивостей часто втрачають свої переваги через відсутність достовірних вихідних даних про досліджуваний об'єкт. Важко отримати вихідні дані характеристик взаємодії розглянутих пневматичних шин з опорною поверхнею, характеристик систем підресорювання об'єкта дослідження, головних моментів інерції, коефіцієнтів опору руху тощо.

Різноманіття експериментальних методик оцінювання керованості та стійкості перетворює процес проведення випробувань на тривалий і дорогий. Крім того, сучасні методи, які передбачають завдання фіксованого керуючого впливу на кермове колесо, вимагають застосування кермових роботів, що мають високу вартість.

Також відомі методи, які базуються на розрахункових та експериментальних даних. Використання методики оцінки параметрів керованості та стійкості автомобіля, що базується на отриманні вихідних даних для математичної моделі руху автомобіля на основі результатів обмеженої кількості полігонних випробувань, дасть змогу оцінити динаміку руху досліджуваного об'єкта за допомогою імітаційного моделювання, що можна застосувати для скорочення термінів проектування.

Властивості керованості та стійкості автомобіля традиційно прийнято оцінювати на двох рівнях. На першому, як відомо, розглядають властивості системи «водій-автомобіль-дорога», на другому - автомобіля, як об'єкта управління. Спроби з тих чи інших причин протиставити ці рівні не є коректними, оскільки кожен із них призначений для розв'язання певного класу завдань. Обидва рівні доповнюють один одного і дають змогу знаходити найефективніші шляхи досягнення кінцевого результату. Оцінка властивостей системи «водій-автомобіль-дорога» є багато в чому «фінішною» операцією, покликаною дати остаточний висновок про досягнутий рівень властивостей. Визначення властивостей автомобіля, як об'єкта керування, дає змогу на всіх

етапах його проектування і створення активно втручатися в цей процес і вносити необхідні корективи в ухвалені технічні рішення, зокрема, завдяки моделювальним та оптимізаційним процедурам.

Більшість дослідників, які займаються проблемами активної безпеки автомобіля, визнають важливість другого рівня, що дає змогу використовувати сучасні методи моделювання й пошуку найкращих рішень на базі інструментальних оцінок, які мають кількісний опис. Однак, слід визнати, що досягнутий у цьому напрямі рівень недостатній і потребує подальшого розвитку. Це стосується насамперед встановлення взаємозв'язку об'єктивних і суб'єктивних оцінок розглянутих властивостей автомобіля.

Таким чином, слід наголосити на важливості дослідження шляхів підвищення керованості та стійкості автомобіля, що дасть змогу покращити активну безпеку автомобіля загалом.

1.3. Висновки по розділу 1

За результатами виконання розділу 1 зроблені наступні висновки:

1. Сучасний підхід до клієнтів, наявність кваліфікованого персоналу та необхідного обладнання дозволяє ФОП «Ковальов Олександр Стефанович» бути серед кращих в Кропивницький у сфері обслуговування та ремонту автомобілів.

2. Дослідження шляхів підвищення керованості та стійкості автомобіля дасть змогу покращити активну безпеку автомобіля загалом.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основні поняття в області керованості та стійкості автомобілів

«Початком розвитку теорії керованості та стійкості автомобілів можна вважати роботи Інституту автомобільних інженерів (Proceedings of Institution of Automobile Engineers), перша з яких була опублікована в 1907 р.» [6].

«У 1926 – 1928 рр. ряд досліджень, присвячених окремим питанням керованості та стійкості автомобіля, був проведений у Франції Сенсо де Ляво» [6].

Однак, для початку розглянемо визначення поняття «керованість» та «стійкість» автомобіля.

2.1.1. Керованість автомобіля

Керування автомобілем полягає у зміні напрямку та швидкості його руху.

Під час дослідження питань керованості та стійкості руху швидкість V_a у більшості випадків вважається заданою.

Форма траєкторії руху будь-якої точки автомобіля за заданої швидкості V_a пов'язана з характером зміни напрямку руху. За жорстких у бічному напрямку коліс і відсутності їхнього бічного ковзання цей зв'язок є однозначним і зміна напрямку руху автомобіля повністю визначає зміну всіх параметрів його руху. Тому низка дослідників керованість автомобіля характеризує сукупністю його властивостей, що дають змогу змінювати (або зберігати) напрямок руху за бажанням водія.

«Бічне відведення шин порушує однозначність зв'язку між змінами напрямку руху автомобіля і траєкторії його точок, тому зміна напрямку руху не може повністю характеризувати положення автомобіля в просторі» [7].

У зв'язку з цим, на думку багатьох дослідників, доцільно для оцінки керованості системи автомобіль-водій враховувати можливість зміни бажаним чином як напрямку руху автомобіля, так і траєкторії будь-якої його точки, положення якої в заданий момент визначає оптимальний характер руху. Таку точку назовемо напрямною.

З урахуванням сказаного вище може бути запропоновано таке формулювання поняття керованості системи автомобіль – водій:

Керованістю системи автомобіль – водій називатимемо сукупність властивостей цієї системи, що характеризують можливість змінювати відповідно до бажання водія параметри її плоскопаралельного руху, тобто напрямок руху і траєкторію напрямної точки.

Якісно керованість автомобіля можна оцінювати за ступенем наближення фактичних параметрів руху до бажаних.

Можуть бути запропоновані такі кількісні показники:

1. «Граничні значення кривизни траєкторії напрямної точки під час кругового руху автомобіля (мінімальні радіуси кривизни). Керованість автомобіля тим краща, чим більша кривизна траєкторій, за якими можуть рухатися однотипні точки порівнюваних автомобілів» [8].

2. «Граничні значення швидкості зміни кривизни траєкторій різних точок автомобіля. Керованість автомобіля тим краща, чим більша гранична швидкість зміни кривизни траєкторії однотипних характерних точок порівнюваних автомобілів. Для оцінки керованості автомобіля за цим параметром мають бути обрані характерні напрямні точки, траєкторії яких визначають найбільш раціональний спосіб руху автомобіля (наприклад, з умови безпеки руху)» [8].

3. «Кількість енергії, що витрачається на керування автомобілем за заданої траєкторії напрямної точки. Витрата енергії водієм на керування залежить як від ступеня наближення фактичної траєкторії руху автомобіля до бажаної, так і від роботи, яку необхідно здійснити під час переміщення органів керування автомобілем для певної зміни параметрів його руху. Чим менше енергії витрачається на керування, тим краща керованість автомобіля» [8].

4. «Числові значення відхилень траєкторії напрямної точки і напрямку фактичного руху від заданих і частота повторюваності відхилень» [8].

Зазначені вище параметри кількісного оцінювання керованості системи автомобіль – водій наводяться не для того, щоб рекомендувати їх для практичного використання під час розроблення методики випробувань автомобіля на керованість, а винятково для чіткішого розуміння пропонованого формулювання поняття «керованість».

На більшість параметрів, що визначають керованість системи автомобіль – водій, впливають як конструктивні параметри автомобіля, так і дані водія як керівної ланки. Наприклад, водій високої кваліфікації з хорошою реакцією помічає відхилення фактичної траєкторії руху від бажаної, коли ці відхилення ще малі, швидко ухвалює рішення щодо коригування руху і правильно проводить його. Відхилення параметрів фактичного руху автомобіля від бажаних у такого водія за інших рівних умов значно менші, ніж у

малокваліфікованого водія або у водія з уповільненою реакцією. Тому в загальному випадку можна говорити тільки про керованість системи водій - автомобіль.

Однак для правильного конструювання та експлуатації автомобіля часто буває необхідно виокремити вплив на керованість зазначеної системи тільки конструктивних параметрів самого автомобіля. Дані водія, як керівної ланки системи, у цьому разі можна вважати заданими. Наприклад, під час теоретичних досліджень можна прийняти заданими швидкість повороту рульового колеса і закон її зміни за часом, знехтувати реакцією водія або вважати її відомою, описувати дію водія математичними формулами тощо.

Під час експериментальних досліджень, щоб унеможливити вплив на керованість системи автомобіль – водій даних водія, порівняльні випробування різних автомобілів прагнуть проводити з одним водієм або, в крайньому разі, з водіями, які мають приблизно однакову кваліфікацію і реакції. Водіям задається програма, що забезпечує порівняльну однаковість їхніх дій; крім того, проводяться спеціальні тренування.

Усе це, звісно, не виключає повністю впливу водія на параметри керованості, особливо в тих випадках, коли випробовують автомобілі, що мають параметри керованості, які значно відрізняються від тих, до яких звик випробувач.

Однак у результаті таких експериментальних досліджень може бути виділено вплив на керованість конструктивних властивостей автомобіля.

Сукупність параметрів, що характеризують керованість системи автомобіль – водій, за заданих (або відомих) даних водія як керівної ланки можна назвати керованістю автомобіля. У зв'язку з цим може бути використано таке формулювання.

«Керованість автомобіля – сукупність його властивостей, що характеризують можливість змінювати відповідно до бажання водія напрямок руху і траєкторію напрямної точки» [12].

Таким чином можна підсумувати наступне.

Під керованістю автомобіля слід розуміти можливість легкої та швидкої зміни положення автомобіля на дорозі.

Керованість забезпечується керуючими діями водія, що полягають у повороті рульового колеса на необхідний кут.

Однак, зміна положення автомобіля не завжди адекватна керуючим впливам водія. Причиною цього є зовнішні збурювальні впливи, що діють на автомобіль під час його повороту. Головні з них:

- поперечне прослизання шин керованих і ведучих коліс;
- відведення шин через їхню малу поперечну жорсткість і збільшену поперечну деформацію;
- вертикальні коливання керованих коліс;
- дисбаланс коліс.

Оціночними показниками керованості прийнято вважати:

- критичну швидкість $V_{кр}$ – за умовами керованості;
- обертальність автомобіля;
- відведення керованих коліс;
- критичну швидкість відведення;
- коефіцієнт опору відведенню.

2.1.2. Стійкість автомобіля

Дослідження стійкості автомобіля покачалося ще на початку минулого століття. Розглянемо основні етапи цих досягнень (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Основні історичні етапи розвитку поняття стійкості автомобіля

Історія розвитку	Поняття «стійкість»
1	2
автомобільні перегони на початку XX ст.	були досягнуті відносно великі швидкості, були виявлені деякі дефекти кермового керування, які промисловість не могла усунути

1896-1907 рр., Інститут автомобільних інженерів (Proceedings of Institution of Automobile Engineers), British Industrial History	перші публікація в області стійкості руху автомобілів
30-і рр., академік Є.О. Чудаков, В.Ю. Гіттіс	трактується не як окрема експлуатаційна властивість автомобіля, а тільки як фактор, що впливає на тягові та гальмівні властивості
1934 р., М. Оллек	«надлишкова та недостатня поворотність» і «критична швидкість»
1935 р., академік Є.О. Чудаков	здатність автомобіля тримати дорогу при нерівній та сільській поверхні дороги

Продовження табл.2.1

1	2
1950 р., академік Є.О. Чудаков	здатність автомобіля протистояти бічному ковзанню його вісей в різних напрямках
1956 р., А.М. Ляпунов, І. Рокара	заклав основи для подальшого розвитку теорії стійкості
1947-1968 рр., Я.М. Певзнер	дослідження стійкості руху автомобіля з використанням математичної теорії стійкості
1963 р., Я.Є. Фаробін	стійкість руху розглядається для двох

	схем керування АТЗ – розімкненої і замкненої. При розімкненій схемі керування оцінюється потенційна стійкість руху самого АТЗ, при замкненій – стійкість руху системи «водій-АТЗ»
1971 р., А.С. Литвинов	запропонував поділити стійкість на три складові: стійкість по перекиданню (поперечному та повздовжньому); стійкість по напрямку руху (курсова стійкість руху); стійкість по бічному зміщенню (бічна стійкість)

Продовження табл.2.1

1	2
1971 р., А.С. Литвинов	розглядається тільки курсова стійкість руху, показником якої є курсовий кут γ . Під курсовим кутом розуміють кут між проекцією повздовжньої вісі автомобіля на площину дороги та нерухомої прямої, яка належить даній площині.
1978-2000 рр., Д.А. Антонов,	продовження розвитку теорії

А.А. Хачатуров, А.І. Гришкевич, Л.Г. Лобас та інш.	стійкості
1990 р., Смирнов Г.А.	під стійкістю руху розуміється властивість машини зберігати в заданих межах, незалежно від швидкості руху та дії зовнішніх сил, інерційних сил та сил тяжіння, напрямку руху та орієнтацію повздовжньої та вертикальної вісей при відсутності керуючих впливів з боку водія.
з 1984 р. Л.Г. Лобас та В.Г. Вербицький	дослідження стійкості руху автомобілів набули подальшого розвитку в Україні
1896 р. Гришкевич А.І.	стійкість – це властивість автомобіля, що характеризує його здатність зберігати заданий напрямок руху при впливі зовнішніх сил, які прагнуть відхилити його від цього напрямку

Продовження табл.2.1

1	2
з 1999 р. В.П. Сахно, А.В. Барілович, А.В. Вакулич, В.А. Макаров та інші	продовжуються роботи по стійкості автопоїздів
з 2003 р. В.П. Волков, М.А. Подригало та Е.Е. Олександров	підвищення стійкості автомобілів при заносі та гальмівних режимах

Інформація, що представлена в табл.2.1 дає можливість побачити як змінювалися погляди на таке поняття як «стійкість автомобіля». Крім того, слід

відзначити великий вклад в розвиток цього напрямку вітчизняний вчених В.П. Сахно, А.В. Барілович, В.П. Волкова, М.А. Подригало та ін.

Ряд дослідників розглядають наступні окремі види стійкості автомобілів: курсова, траєкторна, поперечна) при впливі одного або двох зовнішніх факторів. Також розглядаються різноманітні зовнішні фактори, які по різному впливають на показники цих видів стійкості [7-13].

Як кутові параметри під час вивчення стійкості автомобіля зазвичай приймають такі:

1. Кут і кутова швидкість крену автомобіля (кут і кутова швидкість поперечного перекидання). Кутом крену називають кут між вертикальною площиною, що проходить через поздовжню вісь автомобіля, і проекцією осі z на вертикальну площину, перпендикулярну до поздовжньої осі.

2. Кут і кутова швидкість поздовжнього перекидання автомобіля. Кутом поздовжнього перекидання називають кут між вертикальною площиною, перпендикулярною до поздовжньої осі автомобіля, і проекцією осі g на вертикальну площину, що проходить через поздовжню вісь.

3. Кут і кутова швидкість повороту автомобіля.

Таким чином, слід розрізняти стійкість за перекиданням (поперечним і поздовжнім), за напрямком руху (курсва стійкість) і за бічним зміщенням (бічна стійкість).

Частина з тих параметрів руху, які характеризують стійкість автомобіля, є керованими (кут і кутова швидкість повороту, траєкторія спрямовуючої точки), а частина – некерованими (кути і кутові швидкості поперечного і поздовжнього перекидання).

Стійкість автомобіля наступним чином пов'язана з його керованістю. У багатьох випадках є бажаним збереження постійними на деякому відрізку шляху керованих параметрів руху автомобіля.

«У автомобіля, що має гарну стійкість, наближення зазначених параметрів руху до бажаних можливе без втручання водія (тобто без витрати ним енергії на керування автомобілем) у порівняно широкому діапазоні

збурень. Тому ймовірність наближення фактичних параметрів руху до бажаних за інших рівних умов тим вища, чим краща стійкість автомобіля» [15].

У радянській літературі було відсутнє загальновизнане формулювання поняття «стійкість автомобіля».

В одних працях поняття «стійкість автомобіля» розглядалося не як окрема експлуатаційно-технічна властивість автомобіля, а як один із чинників, що впливають на тягові та гальмівні властивості, а саме як фактор, який обмежує швидкість руху на повороті та інтенсивність гальмування.

Також стійкість не розглядається як окрема експлуатаційно-технічна властивість. Лише з 1935 р. Є.А. Чудаков починає відносити стійкість автомобіля до його основних експлуатаційно-технічних властивостей і характеризує як здатність автомобіля тримати дорогу за нерівної та слизької поверхні останньої [].

На сьогодні прийнято таке визначення щодо стійкості автомобіля.

Під втратою стійкості автомобіля розуміється його перекидання або ковзання. Залежно від напрямку перекидання або ковзання розрізняють поперечну або поздовжню стійкість.

Показниками поперечної стійкості прийнято вважати:

- критичну швидкість руху автомобіля по колу, що відповідає початку заносу або ковзання автомобіля – V_z , м/с;

- критичну швидкість автомобіля під час руху його по колу, що відповідає початку перекидання – V_a , м/с;

- критичний кут косоугру, що відповідає початку поперечного ковзання коліс – β , рад;

- критичний кут косоугру, що відповідає початку перекидання – β_0 , рад.

На рис. 2.1. представлено графік поперечної стійкості легкового автомобіля під час його повороту у функції $V_o = f(R_n)$.

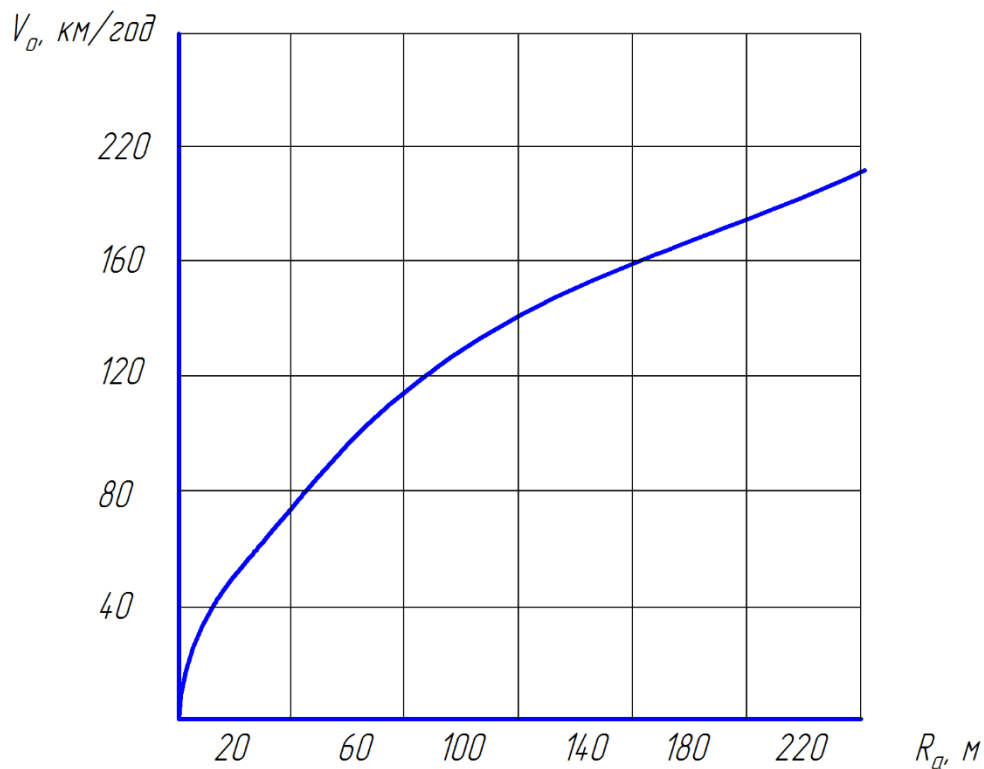


Рис.2.1. Графік стійкості легкового автомобіля під час повороту за умовами перекидання

Історично сформовані тенденції показують, що за основу в роботах у сфері керованості та стійкості автомобіля приймаються, найчастіше, розрахункові методи, в той час, як натурний експеримент проводиться тільки для підтвердження теоретично зроблених висновків. Рідко використовуються специфічні стендові експерименти для визначення властивостей окремих елементів автомобіля з тим, щоб далі використовувати отримані залежності в теоретичних розрахунках динаміки руху автомобіля.

2.2. Критерії та методи оцінки керованості та стійкості автомобіля

Напрямок наукових робіт, пов'язаних із вивченням властивостей керованості та стійкості, є найскладнішим у розділі динаміки автомобіля, зважаючи на те, що зачіпає всі аспекти теорії та експерименту. Теоретичні суперечки, що виникають, про відсутність єдиного тлумачення понять керованості та стійкості багато в чому пов'язані з орієнтацією дослідників на різні групи оціночних показників.

Згідно з наявними на сьогодні визначеннями:

«*Керованість автомобіля*» – властивість автомобіля підкорятися траєкторному і курсовому управлінню». Під траєкторним керуванням розуміється керування автомобілем щодо збереження або зміни напрямку швидкості руху, під курсовим керуванням розуміється керування автомобілем щодо орієнтації його поздовжньої осі.

«*Стійкість автомобіля*» – властивість автомобіля зберігати в заданих межах незалежно від швидкості руху та дії зовнішніх, інерційних і гравітаційних сил напрямок швидкості руху та орієнтацію поздовжньої і вертикальної осей за певного керування, закріпленого у вільному кермі.

Усі методи оцінки стійкості автомобіля можна розділити на групи експериментальних і теоретичних методів.

Експериментальну оцінку проводять відповідно до регламентуючих документів.

Теоретичні методи поділяються на такі категорії:

- оцінка стійкості за алгебраїчними критеріями Ляпунова, Раussa, Гурвіца та ін.;
- за частотними критеріями Михайлова, Найквіста, Попова та ін.;
- за показниками керованості та стійкості;
- специфічними методами (функції Ляпунова, силові діаграми та ін.);
- імітаційне моделювання експериментальних методів.

Так, у роботах [17,18] використовуються для розрахунку на стадії проектування характеристик автомобіля, що визначають його стійкість, прості математичні моделі з обмеженим числом ступенів свободи та із застосуванням алгебраїчних критеріїв стійкості руху.

Відомі частотні критерії стійкості для лінійних систем, які використовуються для оцінки стійкості лінійних одновимірних систем [17].

Варто зазначити, що якщо будь-яку задачу про стійкість системи розв'язано прямим методом, то це ще не означає, що немає іншого, можливо, ефективнішого розв'язання, оскільки критерії стійкості є достатніми, але не

необхідними. При цьому виявляється, що нелінійні елементи можуть бути охарактеризовані не цілком точно.

«Традиційно існують три основні групи показників керованості та стійкості автомобіля, - які оцінюють статичні, динамічні властивості автомобіля та динамічні властивості системи «водій - автомобіль - дорога» [18].

Статичні показники, визначаються за результатами сталого або квазісталого кругового руху і при перекиданні на стенді. У дорожніх умовах оцінюються:

- статична обертальність автомобіля, яка визначається кривизною траєкторії (відношення кутової швидкості повороту автомобіля до заданої швидкості поступального руху) у функції кута повороту рульового колеса;

- ступінь обертальності автомобіля, що визначається потрібним кутом довороту рульового колеса під час зростання бічного прискорення на кривій постійного радіуса;

- статична чутливість автомобіля до керування, що визначається похідною статичної поворотності за кутом повороту рульового колеса;

- статична курсова стійкість, яка визначається кутом дрейфу (відведення) автомобіля;

- стійкість проти перекидання, що визначається кутом бічного крену кузова;

- зусилля на рульовому колесі під час повороту на місці та під час руху. На стенді перекидання оціночними показниками є:

- кут нахилу платформи, за якого відбувається відрив усіх коліс одного борту від опорної поверхні;

- кут крену підресорених мас відносно опорної поверхні в площині поперечного перерізу, що проходить через центр мас автомобіля.

Більшість статичних показників нормується за допомогою введення обмеження за мінімальним або максимальним значенням.

Деякі показники, наприклад, статична, чутливість до керування, нормуються за допустимим діапазоном зміни у функції кута повороту кермового колеса або бічного прискорення автомобіля.

Крім зазначених традиційних показників відома низка додаткових [19], заснованих на обробці первинної інформації.

У такому підході визначають похідні від первинних параметрів, що дає змогу оцінити ступінь зміни властивостей автомобіля під час варіювання умовами руху. До таких показників належать:

- похідна кута повороту рульового колеса за бічним прискоренням;
- похідна кута дрейфу за бічним прискоренням;
- похідна кута крену за бічним прискоренням;
- похідна моменту на рульовому колесі за бічним прискоренням;
- похідна бічного прискорення за кутом повороту рульового колеса;
- похідна кута рискання за кутом повороту рульового колеса;
- похідна кута крену і кутової швидкості крену за кутом повороту рульового колеса;
- похідна моменту на кермовому колесі за кутом повороту кермового колеса;
- похідна кута повороту рульового колеса за кутом дрейфу.

У традиційних методах оцінювання керованості та стійкості автомобіля вхідними параметрами є керівні впливи (кут повороту рульового колеса, зусилля на гальмівній педалі тощо), а вихідними – параметри траєкторії руху.

Низку показників стійкості та керованості визначають за ступінчастого впливу на рульове колесо, а саме:

- час затримки реакції автомобіля за кутовою швидкістю та боковим прискоренням;
- час 63-, 90- і 100% реакції автомобіля, що визначається досягненням відповідної частки усталеного значення реакції, а також час досягнення її піку і стабілізації;

- закид кутової швидкості (кутового прискорення) повороту автомобіля стосовно усталеного значення;
- стале бокове прискорення;
- інтегральні оцінки, що визначаються, наприклад, добутком пікового часу на сталу величину кута дрейфу автомобіля.

Також оцінюються перехідні процеси, пов'язані зі звільненням рульового управління, за вихідного усталеного криволінійного руху, та з імпульсним вхідним впливом з рульового управління. Оцінними показниками процесу стабілізації є: середня і максимальна швидкість самоповернення кермового колеса, залишковий кут повороту кермового колеса, закид кута повороту кермового колеса, час стабілізації і число періодів коливань кермового колеса.

Традиційний підхід до створення автомобіля з високими показниками керованості та стійкості ґрунтується на експертизі, що проводиться групою водіїв-випробувачів. Така експертиза базується на багаторічному досвіді суб'єктивного аналізу автомобілів, і основну роль в отриманні певного типу керованості та стійкості відіграє кваліфікація випробувачів – експертів. Найчастіше результатом подібної роботи є зміщення співвідношення властивостей керованості та стійкості.

Таким чином, для оцінки властивостей керованості та стійкості вже існує достатня кількість відповідних показників і методик.

2.3. Способи підвищення стійкості автомобілів

До властивостей активної безпеки автомобіля належать стійкість руху, керованість і гальмівна динаміка. Можливість прогнозування цих властивостей на етапі проектування та врахування їхніх змін у процесі експлуатації дає змогу

скоротити витрати на створення нових машин і проведення ремонтних і пусконаладжувальних робіт. Важливе значення мають також і фактори, що характеризують динамічні властивості автомобіля. До таких факторів належить поперечна стійкість автотранспортних засобів. Під час проєктного моделювання стійкості руху автомобіля здійснюють вибір конструктивних параметрів елементів шасі (коліс, шин, підвіски, рульового керування) на основі прогнозування виконання автомобілем стандартних тестів, теоретичних і розрахункових методик. Для цієї мети використовують перевірені методики, що отримали покликання під час проведення численних випробувань. Ґрунтуючись на результатах наукових публікацій різних авторів [16-21], можна згрупувати основні способи підвищення стійкості автомобіля і представити їх у вигляді структурної схеми (рис.2.2).



Рис.2.2. Класифікація способів підвищення стійкості автомобіля

Аналіз рис. 2.2. дає змогу виділити основні способи підвищення поперечної стійкості автомобілів, які пов'язані:

- з роботою механізмів;
- зносом робочих частин автомобіля;
- дотриманням техніки водіння.

Більш детально зупинимося на кожній із цих груп.

Способи, пов'язані зі зміною конструкції автомобіля. Серед таких способів можна відзначити можливість зміни ширини колії (рис.2.3).

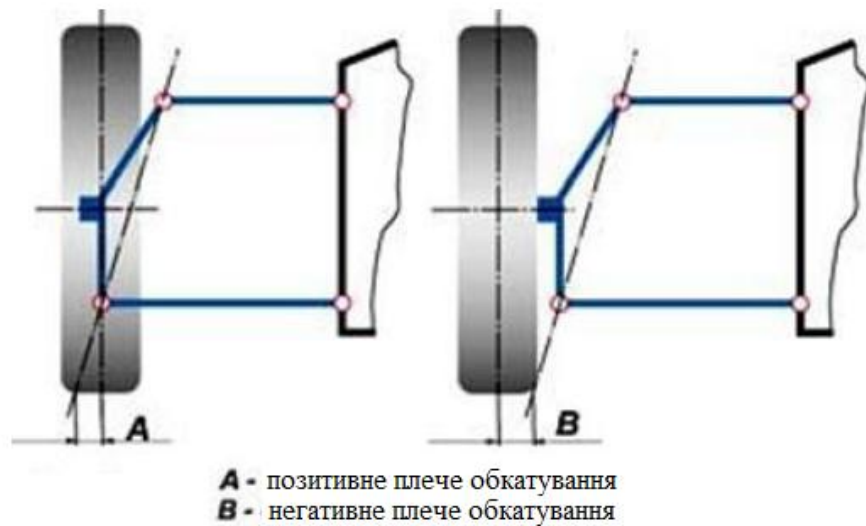


Рис.2.3. Схема розширення колії

Незважаючи на певний ефект підвищення стійкості, цей спосіб має більше негативних наслідків. Збільшення цього параметра негативно позначається на рульовому управлінні – потрібне застосування значно більшої сили для повороту рульового колеса, більшою мірою відчуються дефекти дорожнього покриття, а також розгін і гальмування. Такі зміни більш ефективні при збільшенні ширини колеса у напрямку всередину колісної арки. На практиці відзначено, що подібні види модернізації можуть згубно вплинути на маточинні підшипники, рульові наконечники, кульові опори та інші елементи підвіски.

Зменшення висоти центру тяжіння автомобіля, як правило, призводить до зниження перекидного моменту. Це дає змогу проходити повороти і різкі перестроювання на більшій швидкості, крім того, зменшується амплітуда коливальних рухів корпусу під час прискорення і гальмування і поліпшується керованість. Є й недоліки такої модернізації - рух на автомобілях із заниженим кліренсом без нанесення шкоди елементам кузова і підвіски можливий тільки рівними дорогами. Навіть подолання «лежачого поліцейського» або невисокого

бордюру стає вельми проблематичним (не кажучи вже про поїздки на дачу при «повному» завантаженні транспортного засобу).

Способи, пов'язані зі зносом автомобіля і порушенням умов експлуатації. Підвищити стійкість транспортного засобу можна за допомогою збільшення коефіцієнта зчеплення шин. Виходячи з даних наукових джерел, під час використання шин зі зношеною зовнішньою частиною коефіцієнт зчеплення може зменшитися в 2 рази.

Зменшити аварійність і підвищити стійкість автомобілів можна при використанні якісного дорожнього покриття. Для безпечного руху косою на віражах коефіцієнт зчеплення має становити 0,4 ...0,45. За менших значень коефіцієнта може статися блокування передніх і задніх коліс.

У деяких випадках водії неправильно укладають вантаж. Під час повороту в таких випадках виникають відцентрові сили, напрямом яких може сприяти відхиленню від курсу або перекиданню автомобіля. Для запобігання негативному впливу і нормалізації центрів мас необхідно, щоб центр ваги вантажу збігався з поздовжньою віссю автомобіля.

Способи, пов'язані з роботою механізмів. Нерівномірний розподіл сил тертя під час гальмування може спричинити порушення поперечної стійкості під час руху автомобіля в критичних умовах. Для підвищення стійкості під час гальмування необхідно відрегулювати гальмівний механізм і перевірити чистоту поверхні гальмівних дисків на предмет замаслювання. Розглянутий спосіб безпосередньо залежить від стану гальмівних дисків. Виходячи з геометричної схеми траєкторії автомобіля під час руху на повороті можна припустити, що вплив передніх гальмівних механізмів значно небезпечніший, ніж задніх.

Найбільший інтерес з точки зору моделювання та розрахунку прикладної задачі становить застосування стабілізаторів поперечної стійкості, які можуть входити до складу підвіски автомобіля. Для більшої наочності заведено вважати, що до складу автомобіля входить підресорений елемент – кузов і

елементи, які не підресорені – це колеса і мости. Ці вузли пов'язані між собою за допомогою підвіски (рис. 2.4).

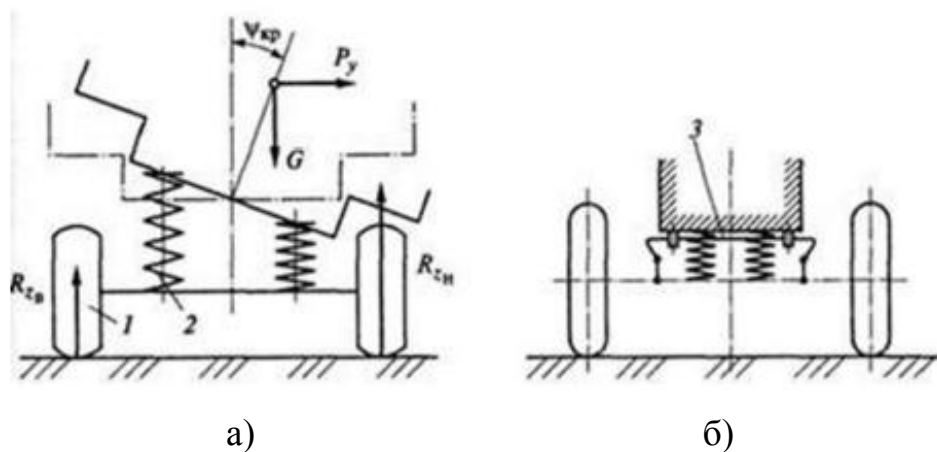


Рис.2.4. Зміна поперечної стійкості автомобіля: а – підвіска без стабілізатора; б – підвіска з вбудованим стабілізатором поперечної стійкості

Підвіска в цьому разі являє собою систему мас. Взаємодія цих мас відбувається за математичними законами, які описуються за допомогою систем рівнянь. Під час різних режимів руху автомобіля, а саме гальмування, повороту, розгону, а також переміщення нерівностями дороги, внаслідок дії бокової сили, шини та пружні елементи підвіски розвантажуються з одного боку, а з іншого - навантажуються [19]. У результаті використання такого стабілізатора вдається зменшити значення критичної швидкості та критичного кута на 10...15 %. Діаграма зміни критичної швидкості автомобіля на ділянці з похилою площиною з використанням стабілізатора поперечної стійкості та без нього показана на рис. 2.5.

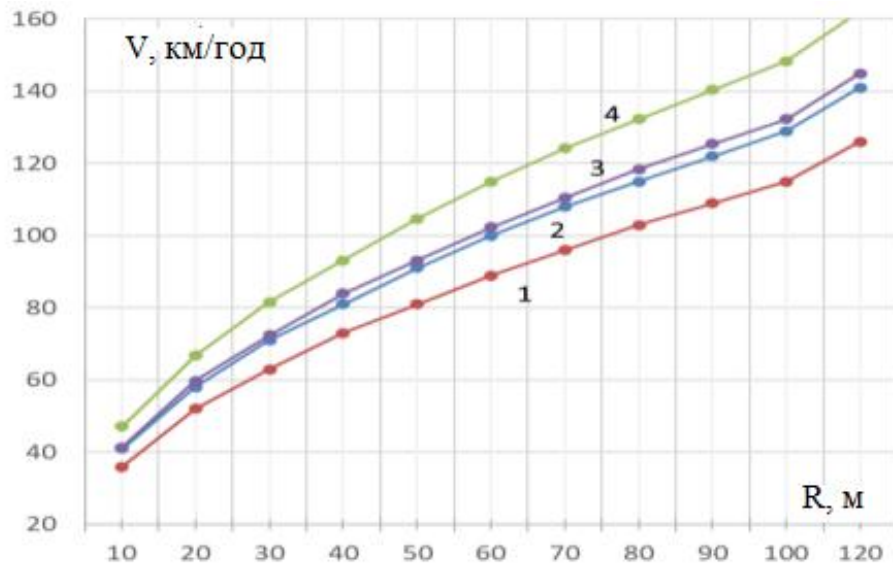


Рис.2.5. Графіки зміни критичної швидкості автомобіля на похилій ділянці з коефіцієнтами поперечної стійкості ($k = 1,06; 1,4$): 1, 2 – зміна критичної швидкості автомобіля (без стабілізатора); 3, 4 – зміна критичної швидкості автомобіля (із застосуванням стабілізатора)

Аналізуючи представлені вище способи підвищення поперечної стійкості, можна зробити висновок, що найефективнішими з них є способи, спрямовані на покращення умов експлуатації та технічного обслуговування автомобілів, а також способів пов'язаних з роботою окремих механізмів автомобіля. Розглядаючи можливий підйом поперечної стійкості за допомогою способів пов'язаних зі зміною конструкції автомобіля, не можна оминати їхні суттєві недоліки, пов'язані з утрудненням керування автомобілем і передчасним виходом з ладу відповідальних деталей. Для можливостей імітаційного моделювання, на наш погляд особливий інтерес представляє спосіб підвищення поперечної стійкості за допомогою стабілізатора, введеного в конструкцію підвіски. Орієнтовні результати застосування стабілізатора видно на графіках, і їх можна регулювати за допомогою зміни механічних властивостей елементів конструкції.

2.4. Вплив стану шин на керованість автомобіля

Для належного забезпечення керованості транспортного засобу його конструктивні параметри та характеристики мають максимально відповідати психологічним та фізіологічним особливостям водія.

Але, за думкою багатьох дослідників [16-21] багато, що залежить від марки, якості та рівня зносу шин.

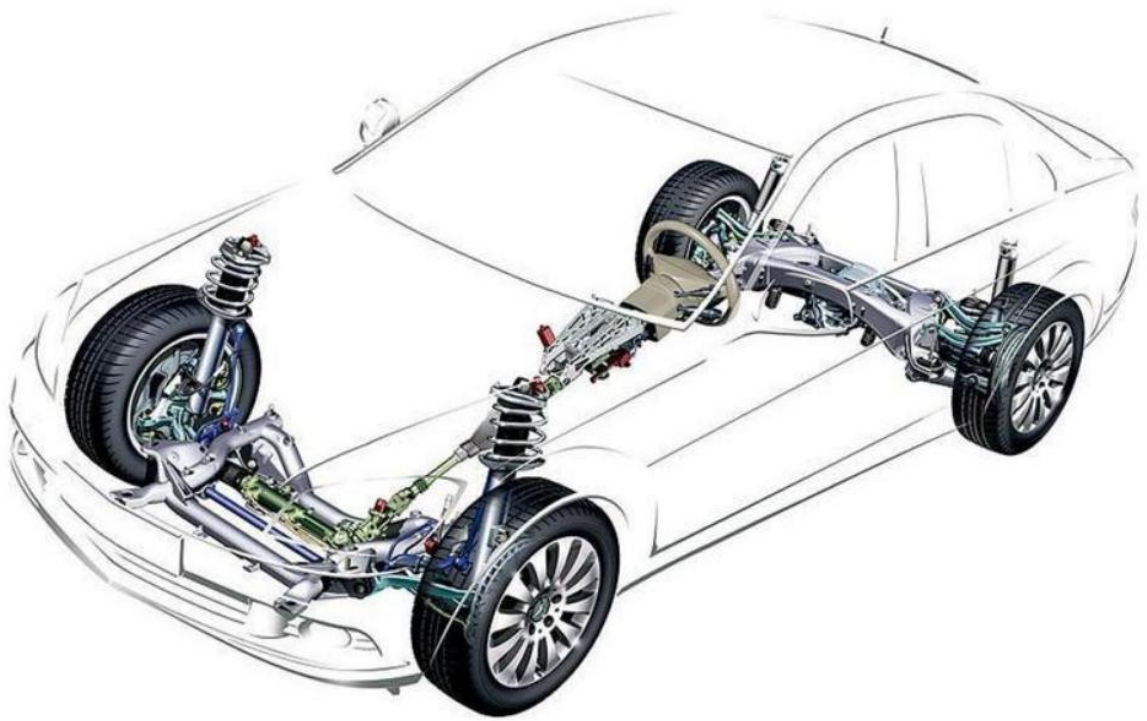


Рис.2.6. Загальна будова легкового автомобіля

«Ведучі колеса, під впливом поштовхів і ударів дороги, регулярно відхиляються від заданого напрямку руху. Властивість автомобіля зберігати нейтральне положення руху і автоматично повертатися в нього називають стабілізацією. Транспортний засіб із неналежною стабілізацією коліс може довільно змінювати напрямок руху. Це призводить до того, що водій змушений постійно повертати кермо то в один бік, то в інший, намагаючись повернути вихідне положення» [21].

Неналежна стабілізація вимагає від водія постійних і значних витрат фізичної енергії, негативно позначається на стійкості транспортного засобу, значно підвищує зношення протектора його шин і рульового механізму.

Для отримання належного рівня керованості конструкція транспортного засобу повинна відповідати таким критеріям:

- - колеса в ході повороту повинні пересуватися без ковзання;
- - рульовий механізм повинен мати правильне співвідношення всіх кутів повороту коліс;
- - розміри всіх елементів підвіски, а також інші її характеристики повинні забезпечувати належні кути відведення задньої і передньої осей машини;
- - колеса повинні мати хорошу стабілізацію і не бути схильними до довільних коливань;
- - для рульового управління обов'язково має бути наявність зворотного зв'язку, який дасть водієві можливість судити про напрямок і величину сил, що впливають на управління.

«Значний вплив на керованість автомобіля має еластичність бічних частин шин. Її вплив зростає в міру збільшення бічних сил, які діють на машину. Ця характеристика дуже суттєва під час руху транспортного засобу по криволінійній траєкторії. Подібна еластичність безпосередньо залежить від конструктивних характеристик і особливостей автомобільної шини: ширини і висоти профілю, кута нахилу корду, кількості шарів, жорсткості боковини, внутрішнього тиску та ін.» [21].

Для отримання необхідного значення обертальності транспортного засобу деякі конструктори зменшують робочий тиск для передніх шин автомобіля порівняно із задніми, а також намагаються розмістити його центр ваги якомога ближче до передньої частини.

Керованість машини значно залежить від її технічного стану, а саме - стану рульового управління та ходової частини. Неналежний тиск у шинах збільшує показник опору коченню, а також зменшує показник поперечної

жорсткості. Це призводить до того, що автомобіль починає регулярно відхилятися в той бік, де тиск у шинах менший.

«Знос рульової трапеції стає причиною утворення зазорів, які порушують необхідні кінематичні зв'язки і призводять до виникнення коливань колеса. За великих зазорів можуть виникати підстрибування передніх коліс. Стабілізація автомобіля також може знизитися внаслідок невірного регулювання його рульового управління. За надмірного затягування елементів рульового механізму значно збільшується момент тертя, що призводить до утруднення під час повернення керованих коліс у їхнє нейтральне положення. Це, своєю чергою, значно погіршує зворотний зв'язок і помітно ускладнює керування транспортним засобом» [21].

2.6. Висновки по розділу 2

Виконаний літературний огляд за темою магістерської роботи дозволив зробити наступні висновки:

1. Розглянувши існуючі формулювання щодо стійкості та керованості автомобілів можна відмітити про відсутність загальної думку стосовно цих понять.
2. Для оцінювання властивостей керованості та стійкості існує достатня кількість показників і методик. Розрахункові методи оцінки розглянутих властивостей втрачають свої переваги через відсутність достовірних вихідних даних про досліджуваний об'єкт. Експериментальні методи визначення властивостей керованості та стійкості є дорогими і тривалими за часом.
3. Розглянуто існуючі методи підвищення керованості та стійкості автомобілів. Запропонована їх класифікація.
4. Запропоновано при дослідженні шляхів підвищення керованості та стійкості автомобілів особливу увагу звернути на стан автомобільних шин.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ КЕРОВАНOSTІ ТА СТІЙКОСТІ ЛЕГКОВИХ АТОМОБІЛІВ

3.1. Підвищення активної безпеки шляхом управління тиском повітря в шинах

У розділі 2 вказані основні напрямки та шляхи підвищення активної безпеки транспортного засобу. В даному розділі магістерської роботи пропонується зупинитися саме на практичних шляхах управління одних з головних елементів активної безпеки – керованості та стійкості автомобілів.

Причому пропонується проведення дослідження впливу властивостей шин на керованість та стійкість автомобіля.

Доведено, що всі керуючі, гальмівні та прискорювальні сили між автомобілем і дорогою передаються через найголовніший елемент активної безпеки в автомобілів – пневматичні шини. Однак у процесі експлуатації автомобіля тиск повітря в шинах поступово змінюється внаслідок різних причин. Так, наприклад, повітря з шини може витікати через ніпель і через з'єднання безкамерної шини з ободом. Крім того, тиск у шинах автомобіля поступово змінюється, причому не тільки зменшується, а й збільшується під дією таких експлуатаційних чинників, як температура й атмосферний тиск, які найяскравіше проявляються в гірських умовах.

Слід також зазначити, що матеріали шини газопроникні, внаслідок чого неминуха дифузія заправленого в шину газу в атмосферу, що призводить до падіння тиску в шині. Негативний же вплив зниженого тиску в шинах на ефективність експлуатації автомобіля є загальновизнаним фактом.

Збереження в шинах рекомендованого виробником автомобіля тиску повітря сприяє збереженню необхідної комфортабельності АТС, дає змогу зберігати показники його керованості та стійкості на необхідному рівні.

Будь-яке відхилення від встановленої норми тиску повітря в шинах неминуче призводить до погіршення стійкості руху і несприятливо змінює

чутливість автомобіля до повороту кермового колеса: реакція автомобіля може стати або занадто млявою, або надто різкою.

Неоднаковий тиск у шинах може бути причиною непередбачуваної реакції автомобіля на вплив рульового управління, що часто є причиною ДТП.

Крім того, неоднаковий тиск у шинах коліс, розташованих із різних боків транспортного засобу, може призвести до несподіваного бокового відведення АТС.

Встановлено, що через експлуатацію з ненормативним тиском шини швидше зношуються, а це підвищує загальні витрати на експлуатацію АТЗ і погіршує екологічну обстановку, оскільки за підвищеного зносу шин збільшуються викиди шкідливого гумового пилу. Частка шин, що передчасно зношуються через ненормований тиск, становить понад 10%.

Стабілізація тиску повітря (або іншого газу) в шинах автомобілів, безсумнівно, дасть змогу збільшити їхній (шин) пробіг і зменшити кількість шин, які утилізують передчасно, на 9-11%, що позитивно позначиться на загальній екологічній обстановці.

Пристрої, що дають змогу контролювати тиск у шинах, не є новиною у світі колісної техніки, проте до останнього часу вони не мали широкого поширення і встановлювалися хіба що на вантажівки, пікапи та важкі позашляховики. Слід зазначити, що в США рішенням NYTSA (Національне управління безпекою руху на трасах США) дана вимога тепер поширюється на всі моделі транспортних засобів, що, звісно, підстобне виробників усього світу на швидке повсюдне впровадження пристроїв, що контролюють тиск повітря в шинах.

Найбільш простим і дешевим способом постійного контролю тиску в шинах є встановлення на колесі замість штатного ковпачка ніпеля спеціального контрольного пристрою. Такі вироби випускають багато компаній. Так, наприклад, застосування ковпачків Easy Control дає змогу швидко дізнатися, чи не впав тиск у колесі: досить просто поглянути на колір ковпачка.



Рис. 3.1. Ковпачки - індикатори тиску в шинах

Ковпачки-індикатори (рис. 3.1) – це мініатюрні незнімні манометри для кожного колеса, які призначені для контролю тиску в шинах відповідно до рекомендацій з його експлуатації. Якщо, наприклад, у шинах автомобіля необхідно постійно підтримувати тиск 2,2 атмосфери, то купуєте комплект, на якому зазначено «2,2», якщо 2 атмосфери – то «2» і так далі.

Принцип роботи цього контрольного пристрою. Усередині ковпачка під прозорою його частиною ховається елемент, що нагадує телескопічну антену. Поки тиск у колесі нормальний – спостерігається зелений поясок під прозорим пластиковим ковпачком. Щойно тиск знизився – зелена частина опускається нижче і з'являється помаранчевий (або жовтий) сегмент «антени». Якщо справи зовсім «сумні» – зелена частина повністю ховається в корпусі, і оглядається лише червоний сегмент.

Переваги контролю тиску в шинах такими приладами:

- відпадає необхідність регулярно перевіряти тиск манометром (все видно відразу і досить наочно);
- низька вартість пристрою;
- зручність цілорічного доступу до даних незалежно від погодних умов;
- миттєвість отримання даних під час огляду.

Недоліки подібних конструкцій:

- відносна точність пристрою;
- марність пристрою в разі проколу в процесі руху автомобіля.

Незважаючи на відносно нетривалий період розвитку, системи контролю тиску в шинах за останні кілька років еволюціонували досить серйозно. Наприклад, з'явилися датчики, здатні відстежувати не тільки тиск усередині шини, а й її температуру. Сьогодні такі системи виконують вже не просто функції контролю тиску в шинах, а й здійснюють постійний моніторинг цього та інших параметрів шин у режимі реального часу. У разі виникнення аварійних ситуацій такі системи негайно інформують водія про серйозні зміни тиску або температури в шинах.

Система безпеки «Road Snoop» використовує технологію Bluetooth, розроблену для зв'язку між собою стільникових телефонів, комп'ютерів і периферійних пристроїв радіоканалом на частоті 2,4 ГГц. Як і в інших подібних системах, модуль, що об'єднує датчик тиску, передавач і джерело живлення, розташований усередині шини - він закріплюється на ободі колеса. При зміні коліс модуль без проблем переставляється з одного колеса на інше. І сам модуль, і його кріплення розраховані на значні вібраційні та ударні навантаження: пристрій не виходить з ладу, навіть якщо внаслідок удару деформується обід. Модуль може підтримувати зв'язок із приймальними пристроями різних типів: пейджером-сигналізатором, спеціальним утримувачем мобільного телефону або мобільним телефоном, що підтримує технологію Bluetooth.

Останнім часом в Україні з'явилися системи TPMS (бездротова система контролю тиску і температури в шинах автомобіля).

Система забезпечує водія інформацією про тиск у кожній із шин, а в разі зниження тиску нижче встановленого повідомляє про це водія відповідним сигналом. Крім того, система нагадає водієві про терміни сезонної заміни шин, розрахує оптимальний тиск залежно від маси вантажу, кількості пасажирів і наявності або відсутності причепа.



Рис. 3.2. Системи TPMS

Концерн «Pirelli» пропонує свій погляд на контроль тиску в колесах. Пристрої являють собою датчики певного типу, що закріплюються на колісних дисках і в ковпачках вентилів. Датчики в режимі реального часу реагують на падіння тиску.

Існують чотири модифікації системи, що забезпечують передачу інформації різними способами:

- X-Pressure Optic – кольоровий сигналізатор на ковпачку вентиля (білий – норма, червоний – небезпека);
- X-Pressure Acoustic – сигнал передається через встановлену на автомобілі електронну систему управління;
- X-Pressure Acoustic Blue – сигнал передається через порт Bluetooth мобільного телефону;
- X-Pressure Monitor – сигнал передається через встановлену на автомобілі систему Info Mobility.

Вищеописаний пристрій легко розбивається на три складові: датчики тиску, керуючий модуль, панель індикаторів.

Датчики закріплюються на поверхні колісних ободів у внутрішній порожнині шини за допомогою хомутів, довжина яких розрахована на колеса діаметром 13...21 дюймів.

Відомі також системи Cyber Wheel – колісні диски, оснащені контрольно-вимірювальними приладами. Cyber Wheel – це найскладніша система контролю за станом коліс, яка дає змогу в режимі реального часу через антену, встановлену під колісною аркою, реєструвати різні дані про стан коліс під час руху і передавати інформацію на системи динамічного контролю автомобіля.

Слід також відзначити розробку «шини з пам'яттю» Cyber Tyre – ця система за допомогою спеціального пристрою, встановленого під протектором, передає на бортовий комп'ютер автомобіля в режимі реального часу найповнішу інформацію про стан коліс (рис. 3.3, 3.4). Передача здійснюється за допомогою двох антен, одна з яких вмонтована в шину, а інша встановлена в колісній арці.

«Різні модифікації системи Cyber Tyre можуть виконувати функції фізичної пам'яті, за допомогою якої здійснюється контроль роботи шини за рахунок надходження такої інформації» [22]:

- - основні характеристики шини;
- - робоча температура і тиск;
- - час і відстань, яку може проїхати АТС після проколу шини;
- - тип дорожнього покриття;
- - вертикальне навантаження на шину;
- - розміри плями контакту.

PIRELLI CYBER TYRE *система початку діалогу між автомобілем та шинами*

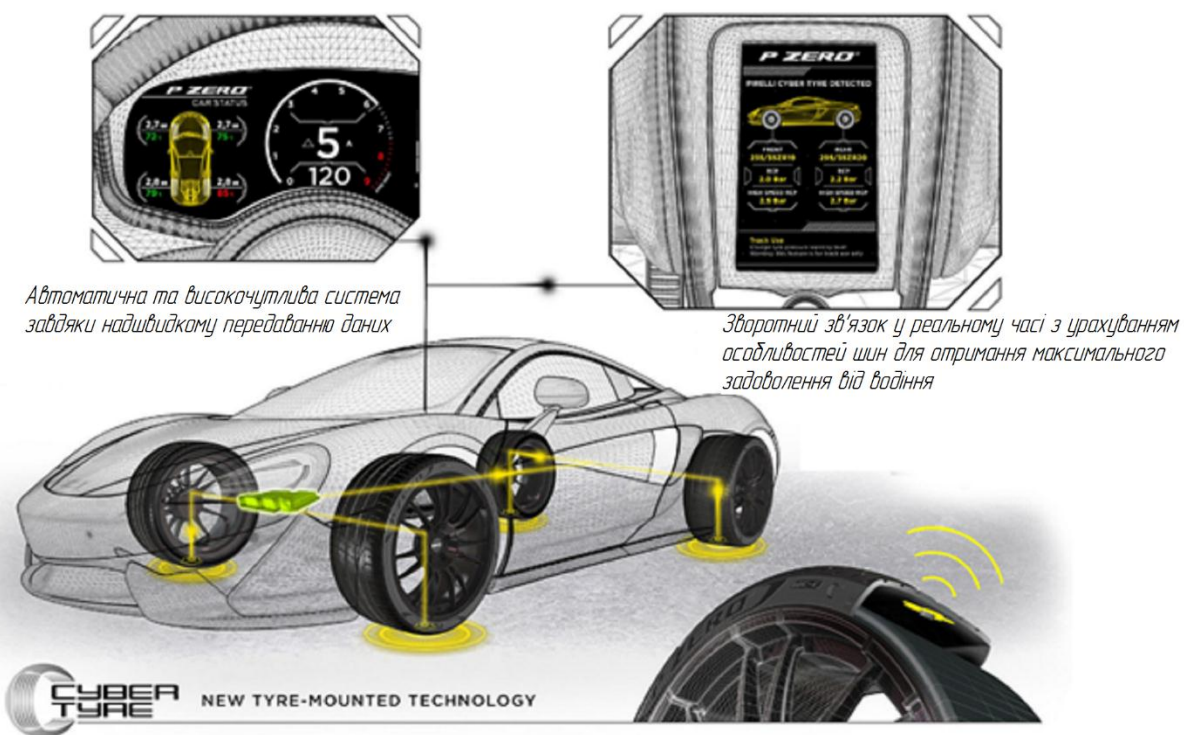


Рис.3.3. Технології Cyber Tyre



Рис.3.4. Датчик контролю

Концерн Volkswagen використовує передові технології в контролі стану шин (рис.3.5).

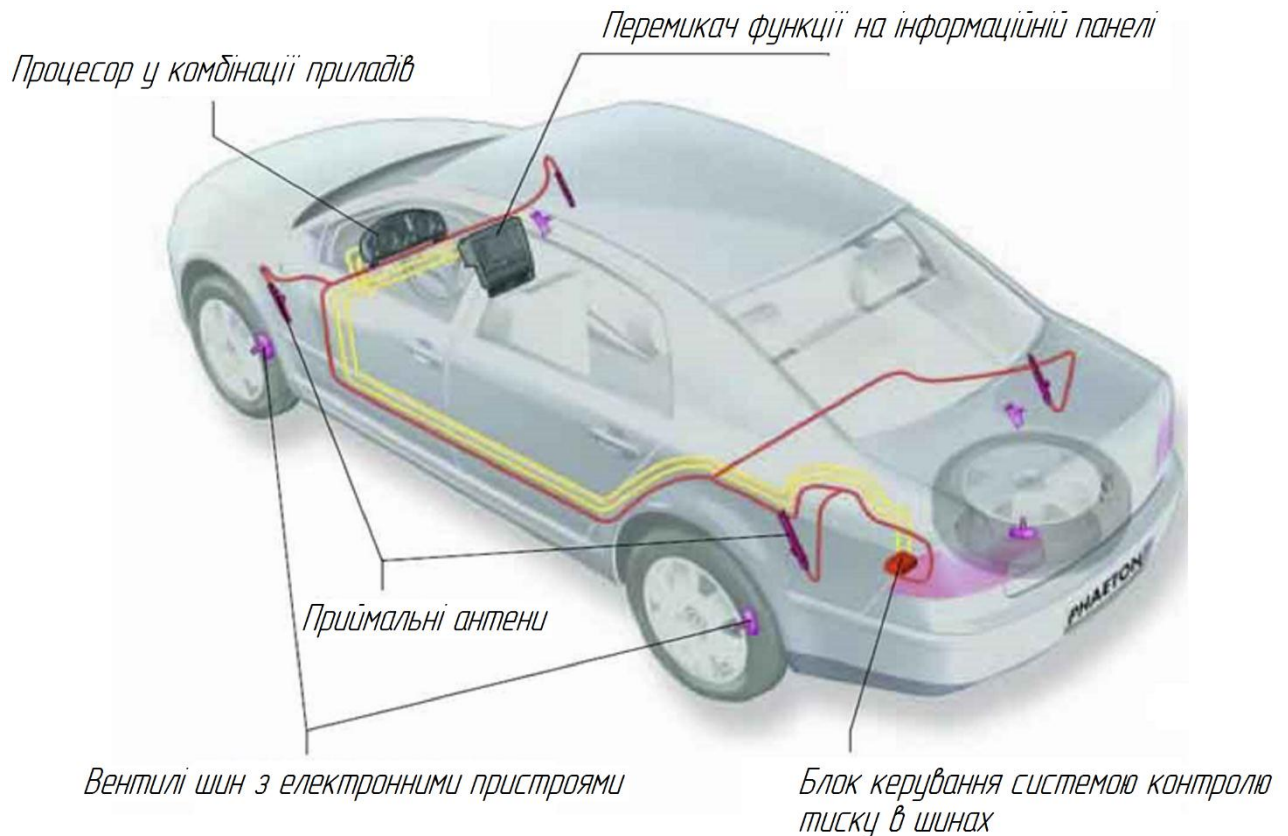


Рис. 3.5. Контроль тиску в шинах в автомобілі Volkswagen

Блок керування системою контролю тиску в шинах (рис. 3.5) обробляє сигнали, що свідчать про рівень тиску або його зміну, і передає відповідні дані на комбінацію приладів. Повідомлення про тиск у шинах виводяться на дисплей інформаційної системи водія.

В автомобілях Volkswagen контроль тиску повітря в шинах здійснюється трьома різними способами (три системи):

- показчик тиску повітря в шинах (RKA),
- система контролю тиску повітря в шинах (RDK) із вказівкою на несправні колеса в Touareg і Phaeton,
- система контролю тиску повітря в шинах (RDK) без вказівки на несправні колеса в Passat.

Системи контролю тиску повітря в шинах відповідають за контроль тиску в шинах. Вони можуть попередити про небезпечну зміну тиску в шинах, вказати, що тиск зараз відрізняється від необхідного.

Тиск повітря в шинах впливає на безпеку руху, комфорт, термін експлуатації шин, витрату палива.

Контроль тиску в шинах здійснюється постійно як під час руху автомобіля, так і під час його зупинки. Система забезпечує контроль тиску в шинах п'яти коліс (запасне колесо також перебуває під контролем і фігурує в повідомленнях інформаційної системи). На вентилі кожної шини закріплено вимірювальний і передавальний пристрій, який періодично передає радіосигнали, що приймаються розташованими в колісних нішах антенами. Ці сигнали надходять на блок управління системою контролю тиску в шинах. Блок керування системою контролю тиску в шинах обробляє сигнали, що свідчать про рівень тиску або його зміну, і передає відповідні дані на комбінацію приладів. Повідомлення про тиск у шинах виводяться на дисплей інформаційної системи водія.

Однак розглянуті системи тільки контролюють тиск у шинах, але не стабілізують його. Роль автоматичного регулювання тиску в шинах особливо важлива в погодних умовах, що швидко змінюються, на снігу або на льоду, на мокрій дорозі або в несподіваних ситуаціях, що пред'являють особливі вимоги до керованості автомобіля.

Отже, розробка систем, які не тільки контролюють, а й стабілізують, тобто керують тиском повітря в шинах, є неосвоєним напрямком, а автоматичне керування тиском у шинах дасть змогу підвищити швидкісні якості автомобіля, поліпшити його керованість і стійкість на дорогах із різними видами дорожнього покриття в умовах змінних параметрів довкілля, подовжити термін служби шин, поліпшити комфортабельність автомобіля і загалом – підвищити безпеку дорожнього руху.

3.2. Керування тиском повітря в шинах в залежності від ступеня їх завантаження

Відомо, що коригування тиску повітря в шинах залежно від умов руху автомобіля є досі важливим питанням, яке потребує більш ретельного вивчення.

У конструкції будь-якого автомобіля автовиробник закладає певні плями контакту шини автомобіля з дорожнім полотном. Але ці оптимальні плями контакту колеса і дороги змінюються під дією багатьох чинників, найзначніші з яких:

- завантаження автомобіля;
- швидкість руху автомобіля.

Значення цих параметрів відповідають мінімальному і максимальному тиску в шинах, який необхідно виставити за мінімального і максимального завантаження автомобіля відповідно.

Однак існує безліч значень m_n , що входять у межу $m_{min} \leq m_n \leq m_{max}$, яким задані автовиробником тиски p_{min} та p_{max} , відповідні до значень m_{min} та m_{max} , не будуть задовольняти (m_{min} – мінімальне завантаження; p_{min} – мінімальний тиск, відповідний до m_{min} ; m_{max} – максимальне завантаження; ; p_{max} – мінімальний тиск, відповідний до m_{max}).

Встановлено, що зміну плями контакту від завантаження автомобіля в допустимому автовиробником діапазоні $m_{min} \leq m_n \leq m_{max}$, можна вважати лінійною. Також було виведено залежність, що для кожного m_n існує оптимальне значення p_n , яке забезпечуватиме оптимальну пляму контакту:

$$p_n = m_n \left(\frac{p_{min} - p_{max}}{m_{min} - m_{max}} \right) + \left[p_{max} - m_{max} \left(\frac{p_{min} - p_{max}}{m_{min} - m_{max}} \right) \right]. \quad (3.1)$$

Іншим фактором, що впливає на зміну плями контакту, є швидкість руху автомобіля. Зі збільшенням швидкості руху автомобіля лінійно зростає кутова швидкість обертання коліс. Зі зростанням кутової швидкості колеса збільшується доцентрова сила, що діє на шину. Під дією доцентрової сили

змінюється пляма контакту шини з опорною поверхнею. Було встановлено, що процес збільшення доцентрової сили для різних типорозмірів шин легкових автомобілів практично ідентичний. Процес зміни доцентрової сили для різних типорозмірів шин показано на рис.3.6.

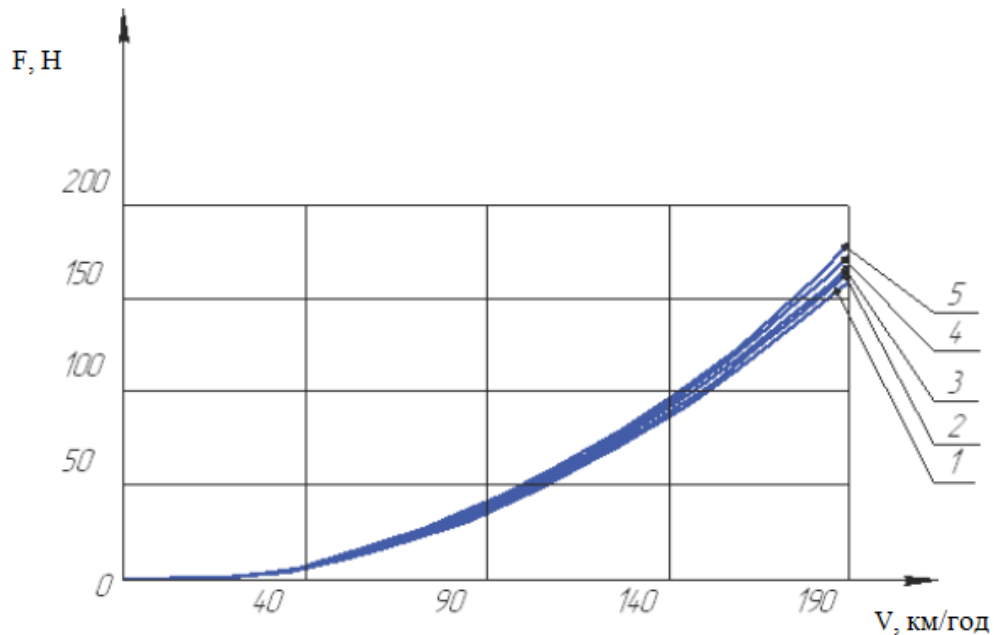


Рис.3.6. Залежність доцентрової сили, що діє на брекер і протекторний шар шини, від швидкості автомобіля: 1 – шина розмірністю 205/55/R15; 2 – шина розмірністю 215/60/R16; 3 – шина розмірністю 205/55/R16; 4 – шина розмірністю 215/55/R16; 5 – шина розмірністю 215/45/R16

З рис.3.6. випливає, що збільшення доцентрової сили має квадратичну залежність і може бути представлене у вигляді такої формули:

$$F_n = 0,47V^2 + 0,67V + 0,27, \quad (3.2)$$

де F_n – доцентрова сила, що діє на шину в плямі контакту шини з опорною поверхнею;

V – швидкість руху автомобіля.

Згідно з рис. 3.6. видно, що до швидкості руху автомобіля 40 км/год доцентрова сила практично не змінюється і залишається постійною. Далі спостерігається помітне її збільшення за параболою. Під дією доцентрової сили порушується пляма контакту шини автомобіля з опорною поверхнею.

Можна стверджувати, що зміна плями контакту шини описується такою самою залежністю, що й зміна доцентрової сили.

Для збереження оптимальної плями контакту під час руху автомобіля з високими швидкостями автовиробник рекомендує підвищувати тиск у шинах від номінального значення на 10...15%. Однак на практиці рух автомобіля із заздалегідь запланованою постійною швидкістю практично неможливий. Найчастіше відбувається нерівномірний або змішаний рух зі зміною швидкості від початку руху до максимальної швидкості і від максимальної швидкості до повної зупинки автомобіля.

Зокрема в міській зоні відбувається помірний рух із частими зупинками, а поза населеними пунктами швидкості руху автомобілів, як правило, значно зростають, аж до максимально можливих, які визначаються параметрами їхніх силових установок.

Попереднє примусове підвищення тиску в шинах, тобто перед початком руху, не завжди виправдане і небезпечне. Автомобіль на свідомо «перекачаних» і «непрогрітих» шинах з моменту початку руху до досягнення оптимальної швидкості може повести себе непередбачувано. Заздалегідь заданий завідомо надлишковий тиск повітря в шинах може спровокувати помітне погіршення стійкості, керованості, комфортабельності, збільшення гальмівного шляху, а отже, і зниження безпеки автомобіля загалом.

На сьогодні систем автоматичного регулювання тиску в шинах автомобіля залежно від зміни швидкості автомобіля досі у світі не існує.

Оскільки відома залежність зміни доцентрової сили, що діє на шину, від швидкості руху автомобіля, можна побудувати графік оптимального збільшення тиску в шинах автомобіля залежно від швидкості руху, а також розробити алгоритм автоматичного регулювання тиску в шинах. Цей захід дасть змогу зберігати оптимальну пляму контакту шини з опорною поверхнею, а отже, поліпшить показники стійкості та керованості автомобіля. Але, оскільки в реальному житті автомобіль рухається не завжди з мінімальним або максимальним завантаженням, а найчастіше завантаження змінюється в

діапазоні $m_{min} \leq m_n \leq m_{max}$, до того ж непередбачувано, тому для початкового m_n існує початкове p_{no} . На рис.3.7 показано графік оптимальної зміни підвищення тиску в шинах автомобіля за мінімального та максимального завантаження автомобіля.

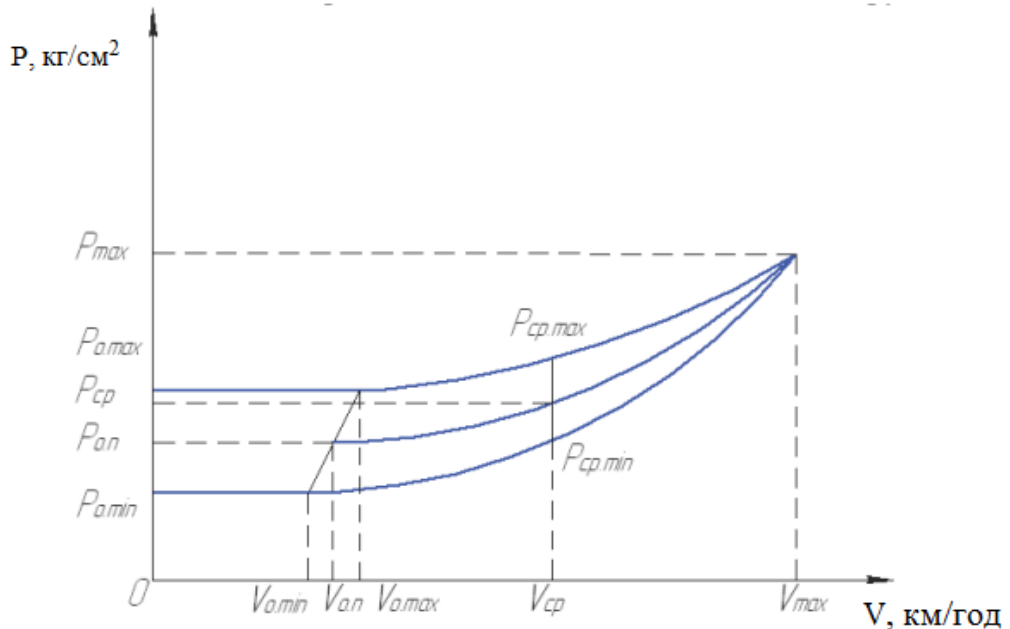


Рис.3.7. Оптимальна зміна значення тиску повітря в шині залежно від швидкості автомобіля:

$p_{o.min}$ – мінімальний тиск у шинах, що відповідає мінімальному завантаженню автомобіля; $p_{o.max}$ – мінімальний тиск у шинах, що відповідає максимальному завантаженню автомобіля; $p_{o.n}$ – початковий тиск у шині автомобіля, що відповідає даному завантаженню автомобіля та входить до межі $m_{min} \leq m_n \leq m_{max}$; $V_{o.min}$ – швидкість автомобіля з мінімальним завантаженням, до якої тиск у шинах залишається незмінним та відповідає $p_{o.min}$; $V_{o.max}$ – швидкість автомобіля з максимальним навантаженням та відповідає $p_{o.max}$; $V_{o.n}$ – швидкість автомобіля із завантаженням, що входить до діапазон $m_{min} \leq m_n \leq m_{max}$, до якого тиск у шинах залишається незмінним і відповідає $p_{o.n}$; V_{cp} – швидкість автомобіля, що входить до діапазону $V_{o.max} \leq V_{cp} \leq V_{max}$. $V_{cp} = const$; $p_{cp.min}$ – тиск у шинах, що відповідає мінімальному завантаженню автомобіля за швидкості V_{cp} ; $p_{cp.max}$ – тиск у шинах, що відповідає максимальному

завантаженню автомобіля за швидкості V_{cp} ; $p_{cp.n}$ – тиск у шинах, що відповідає початковому тиску $p_{o.n}$ за швидкістю V_{cp} ; V_{max} – максимальна швидкість автомобіля; p_{max} – тиск у шинах за швидкості V_{max} .

Значення швидкості $V_{o.n}$ знаходимо за формулою:

$$V_{o.n} = p_{o.n} \frac{V_{o.max} - V_{o.min}}{p_{o.max} - p_{o.min}} + (V_{o.max} - p_{o.n}) \frac{V_{o.max} - V_{o.min}}{p_{o.max} - p_{o.min}}. \quad (3.3)$$

Також знаходимо значення $p_{cp.n}$:

$$p_{cp.n} = \frac{p_{o.n} - p_{o.min}}{d} + p_{cp.min}, \quad (3.4)$$

де $d = const$ – коефіцієнт цього рівняння, знаходиться таким чином:

$$d = \frac{p_{o.max} - p_{o.min}}{p_{cp.max} - p_{cp.min}}, \quad (3.5)$$

Для кожного початкового p_{no} існує своє квадратичне рівняння для побудови графіка зміни тиску p_n під час руху автомобіля залежно від зміни швидкості руху автомобіля:

$$p_n = aV^2 + bV + c, \quad (3.6)$$

де p_n – тиск повітря в шині;

V – швидкість автомобіля;

a ; b ; c – коефіцієнти рівняння.

Знаючи принципи зміни тиску в шинах залежно від швидкості автомобіля, що забезпечують оптимальні показники плями контакту шини з дорогою, а також рівняння, за яким здійснюється ця зміна, можна побудувати алгоритм автоматичного регулювання (рис.3.8).

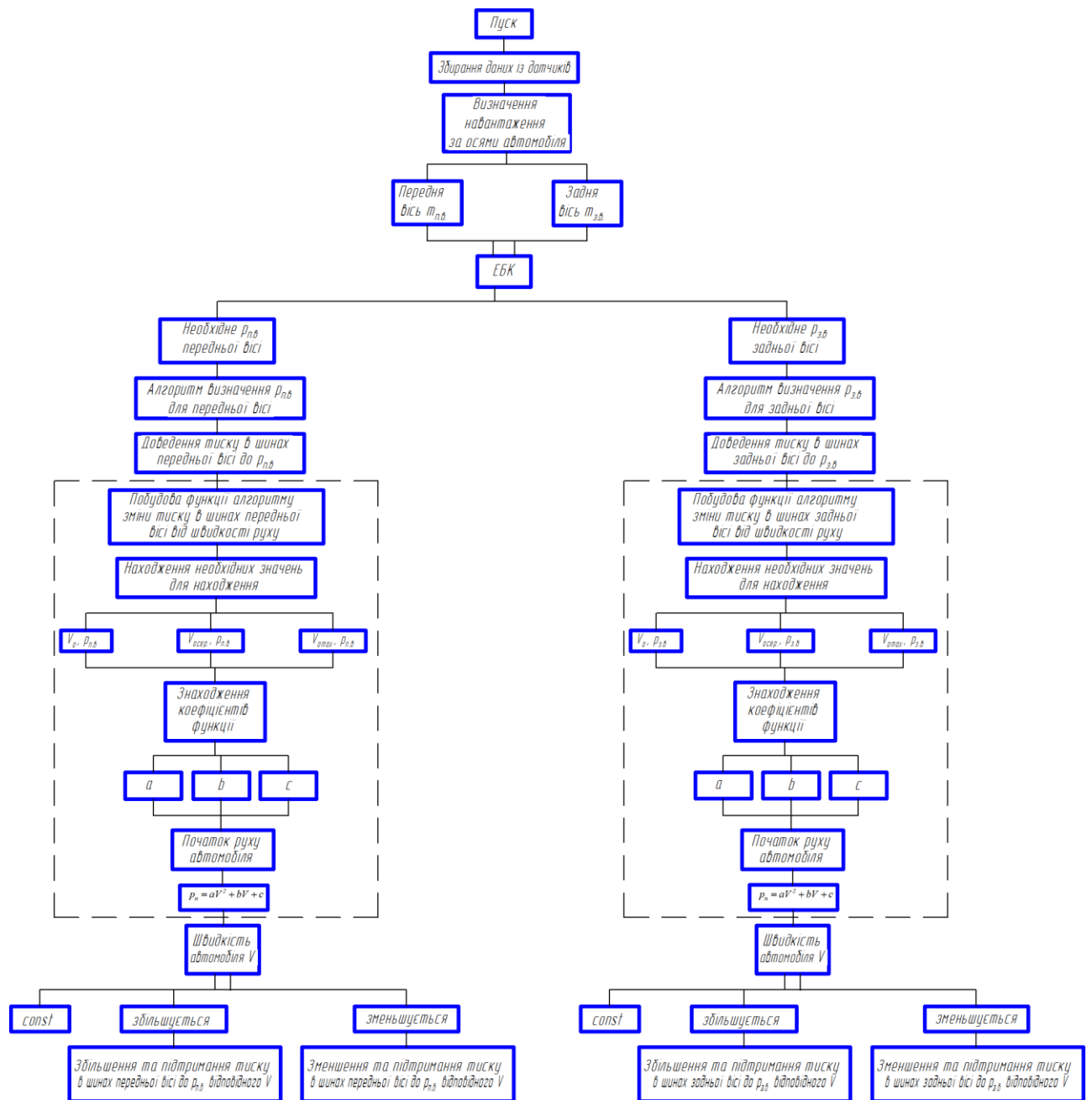


Рис.3.8. Алгоритм керування тиском повітря в шинах легкового автомобіля залежно від швидкості його руху

Представлений алгоритм працює за таким принципом. Після запуску двигуна автомобіля відбувається збирання даних з датчиків про параметри тиску повітря (газу) в кожній шині автомобіля і навантаження, що припадають на передню і задню осі автомобіля. Після цього електронний блок керування визначає початкові тиски $p_{o.n. п.о.}$ для шин передньої осі та $p_{o.n. з.о.}$ для шин задньої осі автомобіля за формулою (3.1). Виконавчі пристрої доводять необхідні

значення тисків у кожній шині автомобіля до відповідних $p_{o.n. \quad n.o.}$ для шин передньої осі та $p_{o.n. \quad з.о.}$ для шин задньої осі відповідно. Після початку руху автомобіля, маючи значення $p_{o.n. \quad n.o.}$ та $p_{o.n. \quad з.о.}$, електронний блок керування (ЕБК) для шин кожної осі автомобіля може побудувати функцію за формулою (3.6), за якою відбуватиметься доведення та коригування тиску в шинах кожної з осей автомобіля зі збільшенням швидкості, попередньо розрахувавши коефіцієнти a , b та c . Величина $p_{n.n.o}$ відповідає необхідному заданому тиску в шинах для передньої осі і $p_{n.з.о.}$ – необхідному заданому тиску в шинах для задньої осі. Далі здійснюється постійне коригування і підтримання заданого тиску в кожному з коліс, тобто безпосереднє управління тиском повітря в шинах усіх коліс.

У разі відхилення заданого значення тиску p_n від відповідного швидкості V_n хоча б в одній із шин відбувається автоматичне коригування тиску виконавчими пристроями.

3.3. Вплив показників жорсткості шин на керованість та стійкість автомобіля

Властивості керованості та стійкості тісно взаємопов'язані і мають багато спільних рис. Вони залежать від одних і тих самих конструктивних параметрів елементів шасі: коліс, шин, підвіски, рульового управління, а також геометричних параметрів автомобіля і розташування його центру мас, що визначають перерозподіл навантажень по осях і бортах. Поєднання ж значень цих конструктивних параметрів за заданих властивостей дорожнього покриття визначають явища та їхні характеристики в плямах контакту коліс із дорогою, внаслідок чого автомобіль поводить себе так чи інакше в заданій дорожній ситуації.

Під час розв'язання завдань, пов'язаних з оцінкою керованості руху колісних машин, потрібно розглядати спільно явища відведення всіх коліс і самоповороту керованих коліс.

Згідно із загальноприйнятим визначенням кут відведення (відведення колеса) – це кут між вектором поступальної швидкості колеса і його поздовжньою центральною віссю під час кочення без бічного ковзання.

З фізичних причин, що зумовлюють відведення еластичного колеса, впливає, що до визначення відведення можна підходити з різних боків. Наприклад, з одного боку, відведення можна визначати через деформацію шини, з іншого боку – через співвідношення бічної V_{ky} і поздовжньої складових поступальної швидкості колеса V_{kx} (рис.3.9)

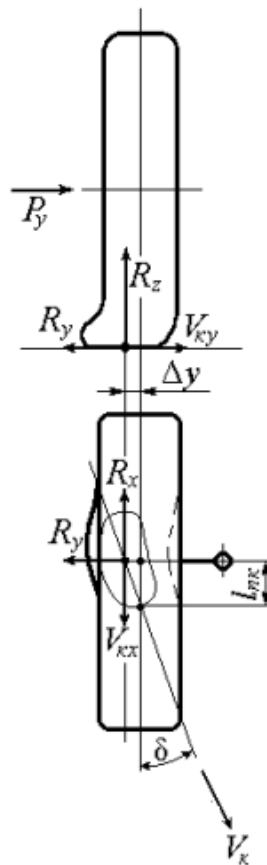


Рис.3.9. Схема для визначення кута відведення колеса у відомому режимі

У відповідно до рис.3.9

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{V_{ky}}{V_{kx}}; \quad (3.7)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta y}{l_{nk}}, \quad (3.8)$$

де δ – кут відведення; Δy – знесення поздовжньої реакції опорної поверхні, що визначається бічною деформацією шини; l_{nk} – половина довжини плями контакту колеса з опорною поверхнею.

Еластична шина характеризується такими показниками жорсткості:

- коефіцієнтом нормальної жорсткості – перша похідна нормального навантаження колеса за нормальним прогином шини;
- коефіцієнтом бічної жорсткості – перша похідна бічної сили колеса за бічним пружним зміщенням колеса;
- коефіцієнтом крутильної жорсткості шини – перша похідна крутного моменту колеса за кутом закрутки шини;
- коефіцієнтом кутової жорсткості – перша похідна поворотного моменту колеса за кутовим пружним зміщенням колеса

Під нормальним прогином шини розуміється лінійний зсув центру колеса відносно опорної поверхні під дією нормального навантаження, виміряний по нормалі до опорної поверхні. Під бічним пружним зсувом колеса розуміється лінійний зсув центру колеса відносно площі контакту за рахунок пружних властивостей шини під дією бічної сили, виміряний у центральній площині, паралельній опорній. Під кутом закрутки шини розуміється кутовий зсув точки обода колеса навколо осі обертання колеса відносно нерухомої в контакті точки шини внаслідок приросту крутного моменту, виміряний у площині обертання колеса. Під кутовим пружним зсувом колеса розуміється кутовий зсув точки обода колеса відносно нерухомої в контакті точки шини навколо нормалі, що проходить через центр колеса, під дією приросту обертового моменту, виміряний у площині, паралельній опорній.

З урахуванням експлуатаційних властивостей автомобілів, які визначаються або на які впливають еластичні властивості шини, а також відповідні їм характеристики жорсткості, складено табл. 3.1, в якій у частині плавності ходу, розглядається тільки коефіцієнт нормальної жорсткості, оскільки тільки радіальна податливість шини сприймає коливання кузова за

тими координатами, за якими відбувається деформація пружних елементів підвіски.

Таблиця 3.1 – Характеристики жорсткості шини, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля

Експлуатаційні властивості автомобіля	Явище, що визначає або впливає на експлуатаційну властивість найбільшою мірою	Вид деформації шини, що найбільшою мірою визначає зазначене явище	Характеристика жорсткості шини, що визначає вказаний вид деформації
Плавність ходу	Коливання непідресореної маси	Радіальна деформація шини	Коефіцієнт нормальної жорсткості C_{uz}
Стійкість руху	Бічне відведення колеса	Бокова деформація шини	Коефіцієнт бокової жорсткості C_{uy}
	Порушення контакту коліс з опорною поверхнею	Радіальна деформація шини	Коефіцієнт нормальної жорсткості C_{uz}
Керованість	Кутові коливання керованих коліс навколо осей шворнів	Поздовжня деформація шини	Коефіцієнт поздовжньої жорсткості C_{ux}
		Бокова деформація шини	Коефіцієнт бокової жорсткості C_{uy}
		Кутова деформація шини	Коефіцієнт кутової жорсткості $C_{u\theta}$
	Порушення контакту коліс з опорною поверхнею	Радіальна деформація шини	Коефіцієнт нормальної жорсткості C_{uz}
Тягово-швидкісні властивості	Крутильні коливання в трансмісії	Крутильна деформація шини	Коефіцієнт крутильної жорсткості $C_{u\beta}$

	Опір коченню автомобіля	Радіальна деформація шини	Коефіцієнт нормальної жорсткості C_{uz}
--	----------------------------	------------------------------	---

За перспективного встановлення поздовжніх пружних елементів поздовжня податливість шини чинитиме дуже незначний вплив на поздовжній коливальний процес кузова. Це пов'язано з тим, що з огляду на особливості міцності поздовжня жорсткість шини велика (в 4...5 разів більша за нормальну), а поздовжні деформації, відповідно, малі (для легкових автомобілів 3...4 мм від впливу гальмівних сил). Такі малі деформації не тільки не забезпечують гасіння поздовжніх коливань, а й не впливають на ефективність цього гасіння.

Що стосується режиму гальмування, то, досягти «межі зниження комфорту», або «межі зниження продуктивності праці від втоми» на сухому асфальті, як і домогтися зміни пружних параметрів підвіски і колеса не можна.

За даними табл. 3.1 побудовано схему (рис. 3.10), у якій в колах показано експлуатаційні властивості автомобіля, що визначаються або на які впливають еластичні властивості шини з відповідними їм коефіцієнтами жорсткості. Наявність залежності вказано стрілками.

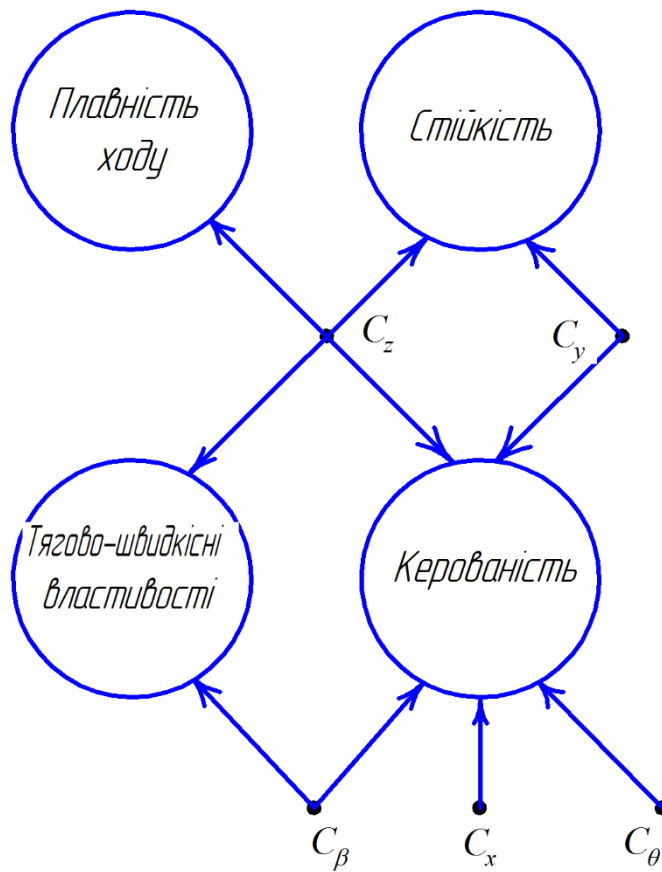


Рис.3.10. Схема взаємозв'язку характеристик жорсткості, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля

Схему на рис. 3.10 більш наочно може бути представлена рис.3.11 (вид зверху на чотиригранну піраміду, кожна грань якої експлуатаційна властивість.

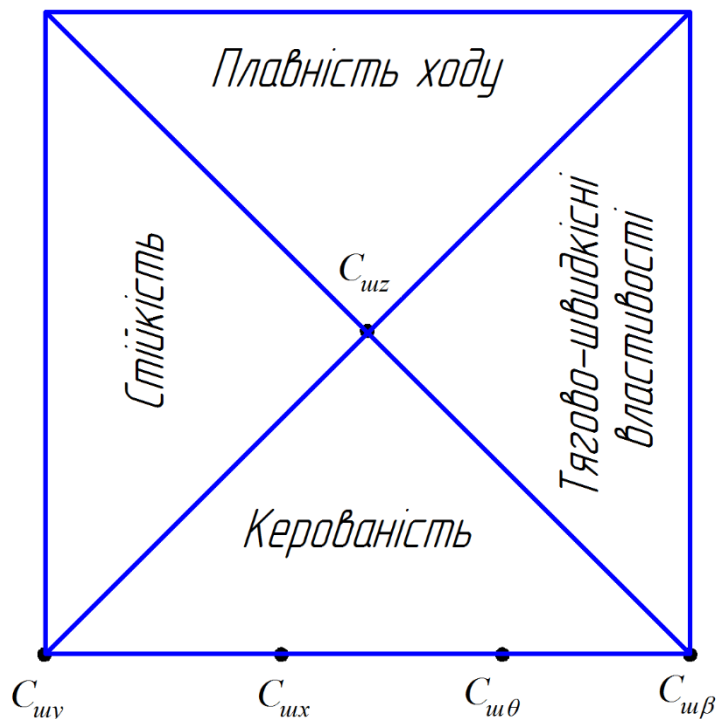


Рис.3.11. Схема взаємозв'язку характеристик жорсткості, що впливають на експлуатаційні властивості автомобіля

Крапками позначено коефіцієнти жорсткості. Якщо точка – коефіцієнт жорсткості – належить грані – експлуатаційній властивості, то відповідний коефіцієнт жорсткості визначає або впливає на цю експлуатаційну властивість.

Зміна одного з коефіцієнтів жорсткості шини чинить позитивний вплив на одні експлуатаційні властивості автомобіля і негативний на інші. Наприклад, зменшення коефіцієнта нормальної жорсткості C_{uz} веде до поліпшення плавності ходу, але погіршує керованість автомобіля, а збільшення коефіцієнта бічної жорсткості C_{uy} поліпшує стійкість і керованість, але погіршує стабілізацію керованих коліс і плавність ходу.

Таким чином, на етапі виготовлення шин слід враховувати досягнення необхідних експлуатаційних якостей автомобілів.

3.4. Вплив конструкції шини на покращення керованості та підвищення стійкості автомобіля

Однією з тенденцій розвитку пневматичних шин у 60-х роках минулого століття було освоєння виробництва низькопрофільних шин. Перші пневматичні шини, як відомо, були повного профілю, тобто зі значенням відношення висоти профілю H шини до ширини профілю B – H/B понад 1,0.

Процес переходу до низькопрофільних пневматичних шин почався з легкового асортименту. Зменшення зовнішнього діаметра шин з деяким збільшенням ширини профілю в багатьох випадках дало змогу знизити масу шин, втрати на кочення, поліпшити керованість. Крім того, при цьому зменшується висота центру ваги автомобіля і підвищується його стійкість. Також зниження значення H/B шин дає змогу підвищити максимальну швидкість в експлуатації. Низькопрофільні пневматичні шини мають багато

Проведено порівняльний розрахунковий аналіз напружено-деформованого стану шини 16.00R20 і нової пропонуваної шини 445/85R24. Порівнювані шини мають однакові зовнішні габарити (зовнішній діаметр шин

1340 мм, ширина профілю шин 440 мм), при цьому значення посадкового діаметра нової шини збільшено з 20 до 24 дюймів (з 508 до 609 мм).

Оцінку характеристик шини на сьогодні найдоцільніше проводити методом скінченних елементів.

Для порівняльної оцінки вихідних характеристик двох розглянутих варіантів шин з методом скінченних елементів проведено розрахунок. Результати розрахунків наведено на рис. 3.13-3.17.

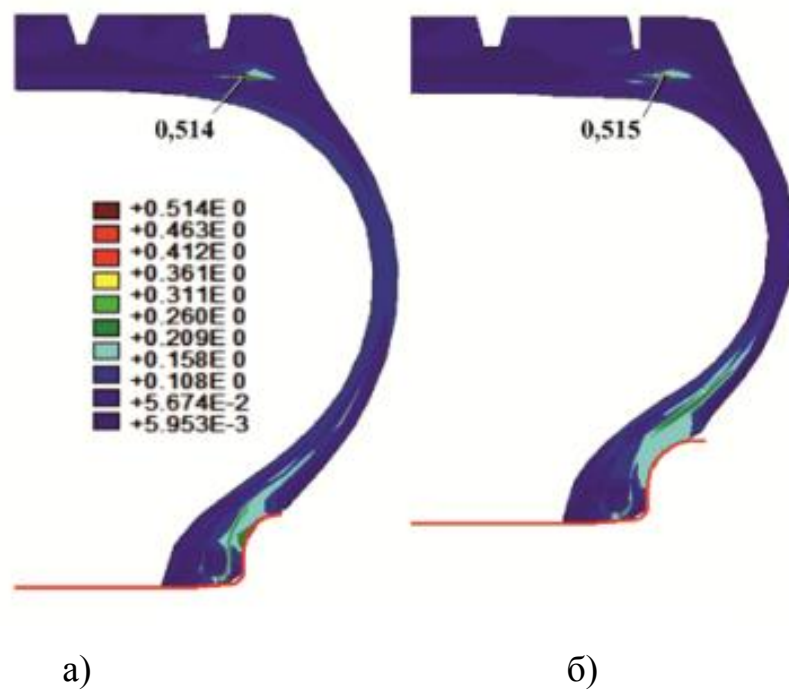


Рис.3.13. Розподіл інтенсивності деформацій за профілем шин 16,00R20 (a) і 445/85R24 (б)

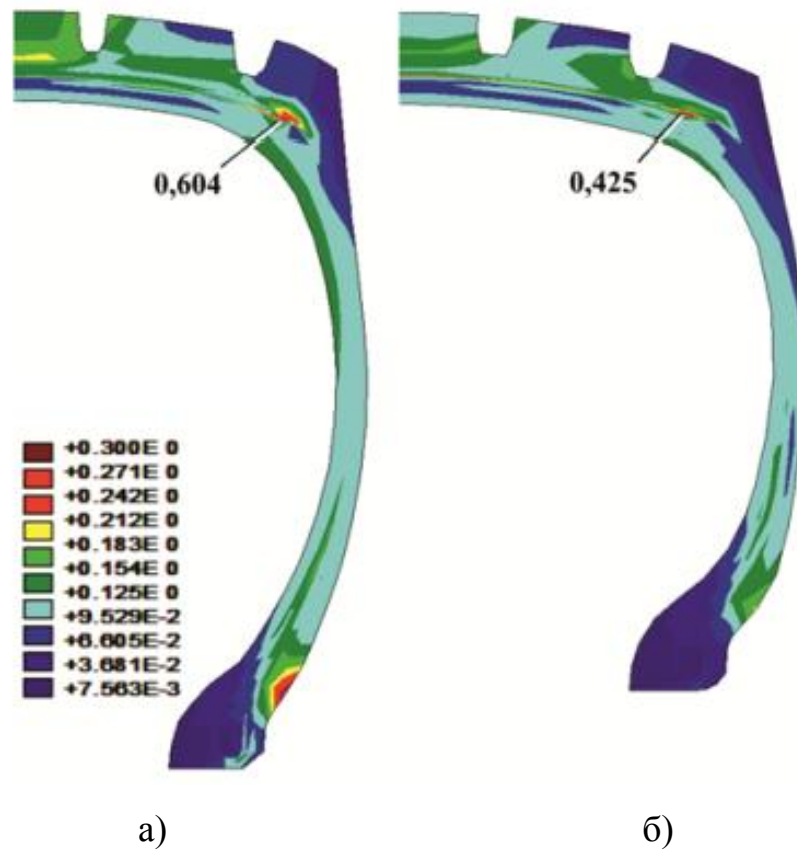


Рис.3.14. Розподіл розмаху інтенсивності деформацій за оберт колеса за профілем шин 16,00R20 (а) і 445/85R24 (б)

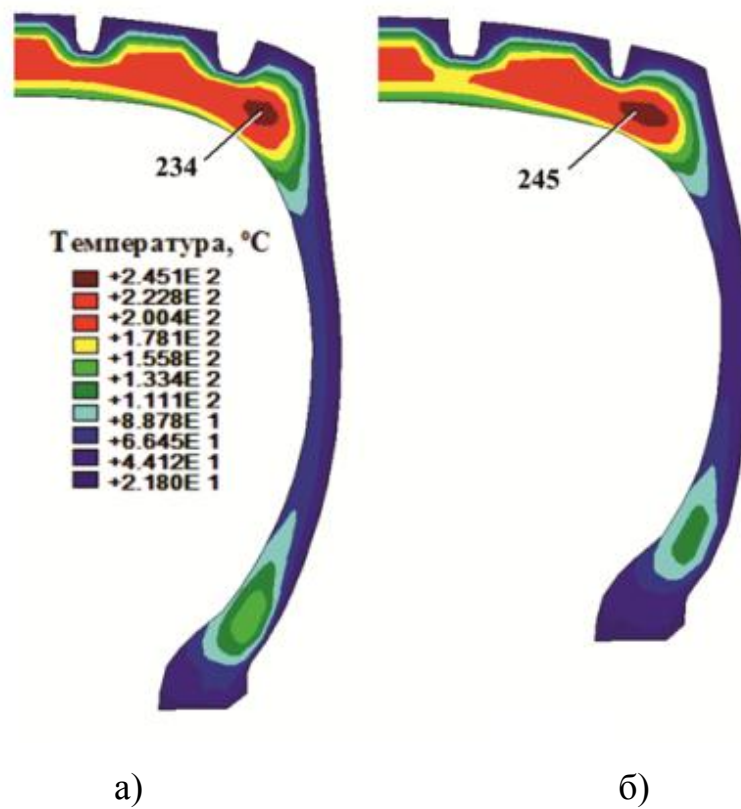


Рис.3.15. Розподіл розрахункової температури за профілем шин 16,00R20 (а) і 445/85R24 (б)

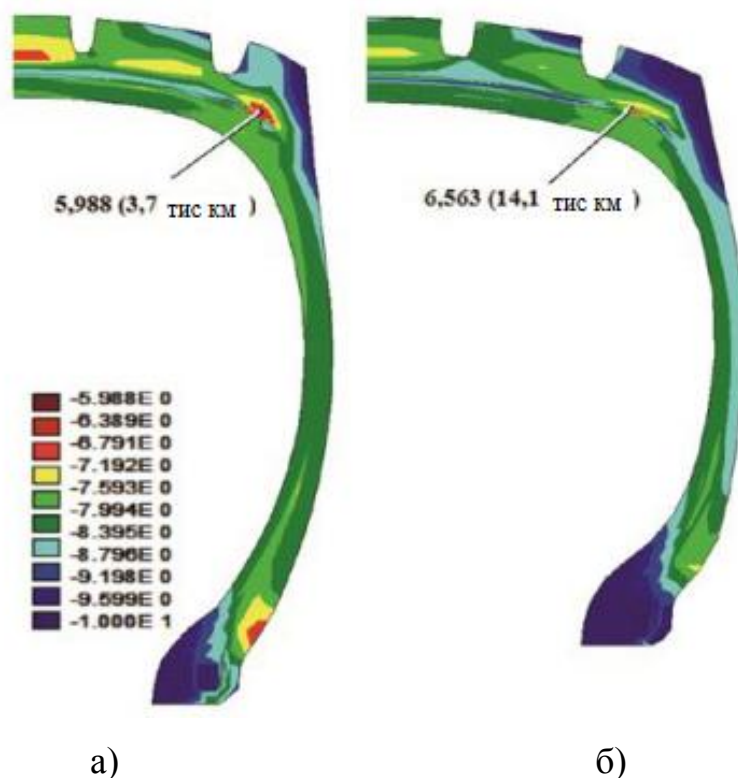


Рис.3.16. Розрахункова довговічність деталей шин 16,00R20 (а) і 445/85R24 (б)



Рис.3.17. Розподіл контактного тиску поперек відбитка шин 16,00R20 (1) і 445/85R24 (2)

Аналіз результатів розрахунку показав, що за основними вихідними показниками шини 445/85R24 істотно перевершують шини 16,00R20. Порівняно з шиною 16,00R20 у шини 445/85R24 розрахункова довговічність

майже в 4 рази більша, а максимальна розрахункова температура (за швидкості руху автомобіля 50 км/год) на 14 °С менша.

У розглянутому випадку представлено перехід на низькопрофільні шини шляхом збільшення посадкового діаметра, а не зменшення зовнішнього діаметра шини. Таке технічне рішення дає змогу поліпшити керованість і стійкість автомобіля, а також полегшити умови монтажно-демонтажних робіт під час встановлення додаткових внутрішніх опор.

Крім того, знижується площа можливого ураження бічної поверхні шини і збільшується простір для розміщення гальмівних систем, колісних редукторів тощо.

Ще однією перевагою застосування низькопрофільної шини є зниження маси і втрат на кочення (понад 5 %).

Для визначення розподілу контактних тисків впоперек відбитка шин і розрахункових втрат на кочення також використано метод скінченних елементів.

Одним із головних показників для оцінювання пристосованості руху деформованими ґрунтами є коефіцієнт об'ємної опорної прохідності, який визначається відношенням навантаження на колесо до добутку вільного діаметра на ширину протектора колеса. Цей параметр залежить також від довжини, ширини та форми плями контакту шини з опорною поверхнею. Результати розрахунків розподілу тиску по ширині контакту представлені на рис. 3.17.

Аналіз результатів розрахункових досліджень свідчить про перспективність і доцільність застосування шин з регульованим тиском низькопрофільних конструкцій, які забезпечать:

- зменшення теплоутворення в шинах і опору коченню;
- зниження теплового виявлення транспортного засобу;
- підвищення максимальної швидкості руху, а також стійкості та керованості всього колісного транспортного засобу;

- поліпшення умов монтажно-демонтажних робіт у польових умовах під час установлення внутрішніх додаткових опор.

3.5. Техніка безпека та охорона праці при виконанні шиномонтажних робіт

«Технологічний процес, що виконується при шиномонтажні, відповідно СН 245-91 відноситься до групи II б. Шиномонтажні роботи за важкістю відноситься до класу II б. Параметри мікроклімату допустимі (ДСН 3.3.6.042-99). Для оптимізації параметрів мікроклімату і видалення забруднень з приміщення дільниці відповідно СНІП 2.09.05-91 передбачені опалення і вентиляція. Опалення водяне» [23].

«Система опалення забезпечує рівномірне нагрівання повітря в приміщенні, можливість місцевого регулювання. Зовнішні ворота обладнані повітряно-тепловими завісами. Вентиляція – природна (аерація) і механічна приточно-витяжна. Місцева витяжна вентиляція передбачена від робочих місць електровулканізаторника. Застосовані зони і панелі рівномірного всмоктування» [23].

Природне і штучне освітлення відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006. Природне освітлення комбіноване. Коефіцієнт природньої освітленості - 4%.

Електричне освітлення –загальне. Воно здійснюється люмінісцентними лампами ЛБ-80 і ЛХБ-80. Світильники вибрані з косінусним розподілом сили світла.

Загальна освітленість – 300 га. Ступінь захисту світильників УР5Х. Для зниження рівня звукового тиску до вимог ДСТУ 2325-93 (граничний спектр ГС75) передбачена акустична обробка приміщення дільниці.

Для зниження вібраційних параметрів загальної вібрації до вимог ДСТУ 2300-93 виробниче обладнання змонтоване на віброізоляторах.

Відповідно до вимог СН245-71 передбачені санітарно-побутові приміщення і пристрої, які відповідають вимогам СНІП 2.09.09-87 для технологічних процесів групи II б.

Мінімальна площа на одного працівника перевищує $4,5 \text{ м}^2$, а об'єм – 15 м^3 .

«Степінь вогнестійкості будівлі відповідно ДСТУ Б В.1.1-18:2007. З приміщення передбачено евакуаційні виходи, які ведуть безпосередньо назовні або через коридор. Витримані ширина евакуаційних виходів, відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу і розрахунковий час евакуації (ДСТУ Б В.1.1-18:2007)» [23].

«Для внутрішнього пожежегасіння передбачені пожежні крани, з витратами води $2,5 \text{ л/с}$ на один струмінь. Для зовнішнього пожежегасіння на зовнішніх водопровідних мережах, які виконано за кольоровою маркуванням, по периметру будівлі змонтовані пожежні гідранти. Витрати води 10 л/с , розрахунковий час пожежі 3 години. Гідранти розташовані не ближче 5 м від стіни будівлі. Для під'їзду пожежних машин на підприємстві передбачені дороги для в'їзду і виїзду» [23].

«Для гасіння пожежі на початковій стадії проектом передбачені наступні первинні засоби пожежегасіння:

- переносні вогнегасники ВП-6 (порошкові) і ОУ-8 (вуглекислотні);
- пожежний інвентар (покривала з грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати);
- пожежний інструмент (гаки, лом, сокири тощо)» [23].

«Кількість вогнегасників визначаємо із нормативного акту: або 1 вогнегасник порошковий або 2 вогнегасника вуглекислотних, так як у нашому випадку відстань між вогнегасниками та місцями можливої пожежі не перевищує 70 м » [23].

«На території підприємства повинно бути передбачено пожежні щити. До комплексу засобів пожежегасіння, які розміщуються на ньому входять

вогнегасники-3 шт., ящик з піском - 1шт., покривало розміром 2×2 – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., відра – 2 шт., сокири – 2 шт.» [23].

«Організація роботи по пожежній безпеці здійснюється відповідно до Закону України «Про пожежну безпеку». На підприємстві створені технічна протипожежна комісія, добровільна народна дружина. Призначені відповідальні за пожежну безпеку, за безпечне виконання вогнебезпечних робіт» [23].

3.5. Висновки по розділу 3

Виконання дослідження дозволили у розділі 3 сформулювати наступні висновки:

1. Звернута увага на можливість підвищення активної безпеки автомобіля шляхом керування тиском повітря в шинах автомобіля. Показник керування тиском повітря в шинах визначено як обов'язковий, який безпосередньо впливає на керованість та стійкість легкових автомобілів. Автоматичне керування тиском у шинах дасть змогу підвищити швидкісні якості автомобіля, поліпшити його керованість і стійкість на дорогах із різними видами дорожнього покриття в умовах змінних параметрів довкілля, подовжити термін служби шин, поліпшити комфортабельність автомобіля і загалом – підвищити безпеку дорожнього руху.

2. На підставі теоретичного розгляду питання запропоновано алгоритм керування повітрям в шинах в залежності від швидкості автомобіля.

3. Встановлено взаємозв'язок між жорсткості шини та експлуатаційними властивостями автомобіля, насамперед – стійкістю руху та керованістю.

4. Доведено, перспективність і доцільність застосування шин з регульованим тиском низькопрофільних конструкцій підвищення керованості та стійкості автомобіля.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної магістерської роботи, яка присвячена пошуку шляхів підвищення керованості та стійкості легкових автомобілів зроблені наступні загальні висновки:

1. Розглянувши існуючі формулювання щодо стійкості та керованості автомобілів відмічено відсутність загальноприйнятого формулювання.

2. Аналіз існуючих методів підвищення стійкості автомобіля дозволив скласти їх класифікацію.

3. Звернуто особливу увагу на можливість підвищення активної безпеки автомобіля шляхом керування тиском повітря в шинах автомобіля. Показник керування тиском повітря в шинах визначено як обов'язковий, який безпосередньо впливає на керованість та стійкість легкових автомобілів. Автоматичне керування тиском у шинах дасть змогу підвищити швидкісні якості автомобіля, поліпшити його керованість і стійкість на дорогах із різними видами дорожнього покриття в умовах змінних параметрів довкілля, подовжити термін служби шин, поліпшити комфортабельність автомобіля і загалом – підвищити безпеку дорожнього руху.

4. На підставі теоретичного розгляду питання запропоновано алгоритм керування повітрям в шинах в залежності від швидкості автомобіля.

5. Встановлено взаємозв'язок між жорсткості шини та експлуатаційними властивостями автомобіля, насамперед – стійкістю руху та керованістю.

6. Доведено, перспективність і доцільність застосування шин з регульованим тиском низькопрофільних конструкцій підвищення керованості та стійкості автомобіля.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Klets D. M. Modeling of mobile vehicle skid in traction movement mode / Dmytro Klets // Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeslow. 2013. – Vol. 15, № 7. – P. 157–162.
2. Клеп Д. М. Застосування методу парціальних прискорень для оцінювання керованості автомобілів / Д. М. Клеп // Вісник ТНТУ. – Т., 2014. – № 2 (74). – С. 161 – 168.
3. <https://autobooking.com/ua-ua/sto/c-sokolivske/kovalev-avto>
4. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – «Знання-Прес», 2003. – 275 с.
5. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіський, В.І. Павлюк, В.М. Прилюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.
6. Liaw Der-Cherng. Elucidating vehicle lateral dynamics using a bifurcation analysis / Liaw Der-Cherng, Chiang Hsin-Han, Lee Tsu-Tian // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. – 2007. – № 2. – P. 195–207.
7. Подригало М. А. Модель нелінійного відведення еластичного колеса автомобіля / М. А. Подригало, Д. М. Клеп // Інженерні, технічні, програмно-апаратні, програмні засоби, комплекси та системи. – 2013. – Вип. 1 (21). – С. 57–62.
8. Подригало М. А. Визначення раціональних параметрів динамічної стабілізації курсового кута при русанні автомобіля / М. А. Подригало, Д. М. Клеп // Вісник ВПІ. – Вінниця, 2014. – № 2 (113). – С. 95–101.
9. Стельмашук В. В. Поліпшення показників керованості та стійкості триланкових автопоїздів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / В. В. Стельмашук. – К., 2005. – 18 с.
10. Банніков В. О. Покращення показників маневреності та стійкості руху мікроавтомобіля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн.

наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / В. О. Банніков. – К., 2011. – 20 с.

11. Макаров В.А. Наукові основи поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / В. А. Макаров. – К., 2011. – 38 с.

12. Григоращенко О. В. Підвищення керованості та стійкості руху автомобілів категорії М1 : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / О. В. Григоращенко. – К., 2009. – 20 с.

13. Корчан М. С. Експертне дослідження шин транспортних засобів [Текст] / [Корчан М. С., Пантюшенко А. М., Ковкін В. М., Лабінцев В. О.]. – Х.: ХНДІСЕ. – 2005. – 92 с.

14. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи вивчення основних параметрів випробуваннями : ДСТУ 3310-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 13 с.

15. Клец Д. М. Використання нових методів оцінки стійкості та керованості автомобілів та автомобільних колон / М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. І. Гашко // Актуальні проблеми технічного та тилового забезпечення внутрішніх військ МВС України : наук.-практ. семінару, 15 травня 2013 р. : тези доп. – Х., 2013. – С. 34-35.

16. Подригало М. А. Дослідження стійкості та керованості дволанкових автомобільних потягів / М. А. Подригало, Д. М. Клец, К. Г. Яценко [та ін.] // Новітні технології – для захисту повітряного простору : наук. конф., 9-10 квітня 2014 р. : тези доп. – Х., 2014. – С. 213.

17. Назарько О. О. Удосконалення методів оцінки стійкості легкових автомобілів в тяговому режимі руху: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О. О. Назарько. – Х. : Стиль-издат, 2013. – 20 с.

18. Доброгорський М. В. Забезпечення стійкості легкового автомобіля при граничних режимах руху: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня

канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / М.В. Доброгорський – Х., 2006. – 20 с.

19. Сахно В.П. Вибір факторів при плануванні експерименту для дослідження курсової стійкості руху / В.П. Сахно, А.В. Костенко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал. К.: 2006. – №3. – С. 137–140.

20. Сахно В.П. Про вимірювання та аналіз параметрів, що характеризують стійкість руху автомобілів категорії М1. / В.П. Сахно, В.А. Макаров, А.В. Куплінов, О.С. Волохов. Автошляховик України № 3 2011 К.: 2011. – С. 19–21.

21. Сахно В.П. До питання поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля шляхом зміни властивостей його шин / В.П. Сахно, В.Г. Вербицький, В.А. Макаров // Автошляховик України. – 2009. – № 1. – С. 19–22.

22. <https://www.autocentre.ua/tag/cyber-tyre>

23. Запорожець О.І. Основи охорони праці: Підручник. – Київ: вид ЦУЛ, 2019. – 264 с.