

УДК 629.113

О.Л.Добровольський

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СТЕНДІВ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ШИН

В роботі проведено аналіз методів та стендів для випробування шин методом мінімізації втрат на кочення. Визначено переваги та недоліки кожного типу стендів.

Ключові слова: *шина, бічна сила, сходження, площадковий стенд, барабанний стенд, експрес-діагностика.*

Вступ

Параметри встановлення керованих коліс автомобіля, які вважаються оптимальними у нових автомобілів, змінюються в процесі експлуатації. Причинами цього є спрацювання з'єднувальних вузлів підвіски і рульового керування, наявність деформацій балки переднього мосту та інших елементів керованого колісного модуля.

Також слід відмітити, що більшість автомобілів експлуатується з кутовими зміщеннями мостів. Наявність кутових зміщень мостів, різних дотикових сил на ведучих колесах, неоднаковий технічний стан деталей підвіски автомобіля, різні шини призводять до перерозподілу бокових реакцій на керованих колесах. Встановити такий автомобіль у положення прямолінійного руху, як показали дослідження А.С.Литвинова [1], можна лише при його русі з поворотом рульового колеса на деякий кут. При цьому поздовжня вісь автомобіля не збігається за направленням прямолінійного руху. Відхилення поздовжньої осі автомобіля від положення прямолінійного руху буде залежати від багатьох факторів, котрі призводять до перерозподілу бокових реакцій на керованих колесах.

Відомо, що величина сходження коліс, яка рекомендується заводами-виробниками, є ненадійним параметром для автомобілів, які вже довго експлуатуються.

Практика експлуатації автомобілів свідчить, що дотримання тільки одних рекомендацій автопромисловості відносно установки коліс призводить до значних передчасних зносів шин.

В умовах експлуатації важливим фактором зносу керованих коліс треба вважати перерозподіл сил, які виникають в зоні контакту шини з дорогою.

В значній групі стендів це врахувати не вдається, тому що вирівнювання положення передніх коліс щодо поздовжньої осі проводиться за допомогою проекторів, лазерів або вимірювальних дисків з індикаторами, які встановлюються на передні та задні колеса автомобіля.

Поєднання поздовжніх площин автомобіля та стенда припускається також у випадках, коли ведучі колеса встановлюються на ролики, розташовані паралельно поперечній осі вимірювальних засобів на відстані бази автомобіля, і прокручування цих роликів ведучими колесами автомобіля.

Обертання коліс на роликах проводяться тільки до закінчення їх переміщення. При цьому критерієм встановлення коліс у положення прямолінійного руху на стендах є рівність бокових сил на керованих колесах.

Бажання поєднати поздовжні площини автомобіля і контрольно-діагностичного засобу в результаті встановлення однакових бокових сил на керованих колесах поворотом рульового колеса не може служити критерієм правильності встановлення автомобіля. В результаті при вимірах з'являються систематичні помилки, які обумовлюються встановленням та взаєморозміщенням контрольно-діагностичного засобу та автомобіля. Врахувати це при регулювально-діагностичних роботах за наявними методиками неможливо, тому що вони не враховують властивостей конкретного автомобіля.

Аналіз досліджень і публікацій

Відомо, що зношення рисунка протектора автомобільних шин визначається наявністю тертя в зонах контакту колеса з дорогою. Це явище зумовлено силами, діючими між шиною і дорогою, а також коефіцієнтом тертя [2].

При коченні колеса у веденому режимі, під дією зовнішнього навантаження, в контактні шини з опорною поверхнею діють три реакції: бокова, подовжня і нормальна. У площині контакту

шини з дорогою діють нормальні і дотичні напруження, які складаються з геометричної суми подовжніх і поперечних дотичних напружень.

Характер розподілу нормальних і дотичних напружень в площині контакту у всіх автомобільних шин при їх коченні ідентичний.

У НАМІ (Росія) проводилися дослідження напружень в площині контакту колеса, що котиться за допомогою трикомпонентного датчика [3], що дозволяє одночасно вимірювати в будь-якій точці контакту нормальні, подовжні і поперечні дотичні напруження. Недолік цього методу полягає в завищенні дійсного бокового переміщення за рахунок вигину тензобалочки від подовжньої сили.

У роботі [4] В.І. Новопольським і Е.Ф. Непомнящим запропонований стенд для вимірювання ковзань у контакті шини з дорогою. Основним елементом стенда є датчик, який встановлено на пружній фігурній балочці малої жорсткості, що може згинатися в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Однак конструкція цього датчика не дозволяє робити виміри дотичних сил в контакті колеса в дорогою.

С.П. Захаров [5] на роликовому стенді за допомогою спеціального датчика досліджував контактні напруження в дорожніх умовах при коченні шини на барабані до швидкості 180 кілометрів на годину.

Велика група площадкових і рейкових стендів для вивчення процесів, що відбуваються у контакті шини з дорогою, виконана М.Я. Говорущенко, Ю.П. Макеєвим, А.М. Юрченко, Л.П. Гречко,

А. М. Ларіним [6, 7, 8].

Існують різні барабанні стенди для випробувань шин з опорною поверхнею. У роботі [9] описано барабанний стенд для дослідження зчеплення шин з будь-яким дорожнім покриттям. Діаметр барабана 3,8 м з внутрішньою поверхнею кочення. Існують стенди із зовнішньою поверхнею кочення [10, 11] та можливістю імітації різних умов експлуатації, що вимагають унікального обладнання. Кривизна поверхні барабана у контакті з шиною викликає перерозподіл питомого тиску, що приводить до похибок вимірювання. Проаналізувавши дані роботи слід відмітити, що розглянуті методи та засоби дослідження процесів в контакті шин можна використовувати для експрес- діагностування геометрії встановлення коліс.

Постановка завдання

У зв'язку з цим ставиться задача оптимального встановлення керованих коліс автомобіля, коли головним критерієм являється мінімізація втрат на кочення.

Основна частина

З усіх різновидів існуючих стендів найбільше поширення мають електро-оптичні, лазерні, електронні та динамічні стенди. Це найбільш сучасні і ефективні стенди, які використовуються провідними західними фірмами і станціями технічного обслуговування.

Деякі сучасні стенди поєднують кілька способів вимірювання, наприклад оптико-механічний з використанням лазера, електронно- лазерні тощо.

Якщо розглянути принцип і послідовність діагностування геометрії встановлення коліс, то можна відмітити, що під час експрес- діагностування, коли потрібно отримати тільки оцінку технічного стану ходової частини - "справно" чи "несправно", особливої уваги заслуговують динамічні стенди.

Під час діагностування на цих стендах непотрібно багато часу на точне вимірювання того чи іншого параметра встановлення коліс.

Ці стенди використовують на предмет визначення: чи потрібно проводити регулювальні роботи або автомобіль справний і може продовжувати роботу.

Як діагностичну ознаку використовують дію бічної сили в контакті шини з барабаном при обертанні колеса на барабані або діагностичній площадці при прокочуванні коліс. Під дією бічної сили площадка або барабан зміщуються в бічному напрямку.

На рис.1 представлений барабанний стенд, в якому бічні сили, які виникають при проведенні випробувань в контакті колеса з опорною поверхнею барабана, сприймаються датчиками сили 4, встановленими між нерухомими елементами вузла 3 фіксації міжцентрової відстані і навантажувальною балкою 9 [12].

Бічна сила, яка виникає на кожному колесі при їх обертанні, вимірюється індуктивним датчиком 4 за даними осьового переміщення барабанів 5, які за допомогою маятникових важелів підвішені до рами стенда так, що уможливають їх осьове переміщення.

На такому стенді при діагностуванні повертають руль до такого положення передніх коліс, щоб бокові сили, які вимірюються кожним із роликів, були рівні за величиною і протилежні за напрямком.

Якщо значення сили перебувають за межами допусків, без зупинки стенда проводиться регулювання сходження зміною довжини поперечної тяги.

Крім того, при зворотному обертанні роликів можна оцінити сумарний люфт у сполученні переднього мосту та рульової трапеції, враховуючи те, що при його допустимому значенні бокова сила змінює свій напрямок.

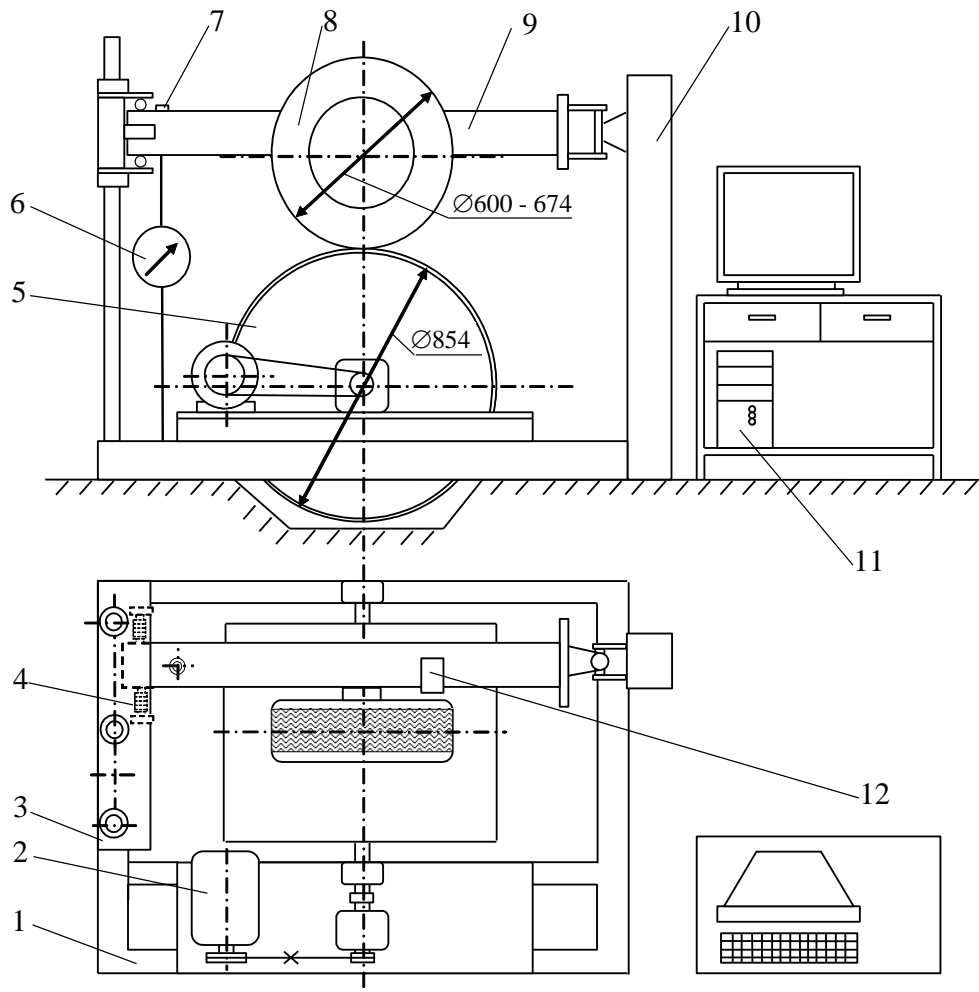


Рисунок 1 – Схема барабанного стенда:

1 – основа стенда; 2 – привод стенда; 3 – вузол фіксації міжцентрової відстані; 4 – датчики сили; 5 – барабан; 6 – динамометр; 7 – навантажувальний гвинт; 8 – колесо з досліджуваною шиною; 9 – навантажувальна балка; 10 – опорна стійка; 11 – персональна електронно-обчислювальна машина; 12 – датчик частоти обертання колеса

Існують барабанні стенди з нескінченною стрічкою. Вони дозволяють з достатньою імовірністю визначити показники кочення колеса, але, як і на всіх інших стендах, контакт здійснюється по гумовій стрічці. Це вносить деякі відхилення при вимірюванні. Цей недолік можна усунути, якщо колесо буде котитися по внутрішній поверхні барабана діаметром близько 3 м. Є конструкції барабанних стендів, в яких по внутрішній поверхні барабана розташовують той чи інший тип дорожнього покриття, це дозволяє імітувати кочення колеса по дорозі.

Однак треба зауважити, що колеса при коченні по роликах стенда не знаходяться в реальних умовах. Зона контакту шини коротша, ніж на плоскій поверхні, і має зовсім іншу форму.

Тому можна вважати, що діагностування бокових сил на роликах стенда слід проводити з деякими поправками.

Між тим переваги роликових стендів над іншими полягають у тому, що діагностування установки коліс можна проводити на швидкостях, близьких до реальних.

Площадкові стенди із плоскою робочою поверхнею більш повно, на відміну від барабанних, імітують кочення колеса по дорозі, тому даний тип стендів найдоцільніше використовувати при експрес-діагностуванні. Площадкові стенди, розроблені різними авторами, відрізняються конструктивними елементами. Так, розроблені конструкції, де рухома площадка вільно переміщується вправо або вліво від напрямку кочення колеса під дією сили в контактні шини з опорною поверхнею площадки і датчики заміряють відведення колеса, що визначається величиною переміщення рухомої частини.

Площадковий стенд (рис. 2) має рухому площадку 2, яка встановлена на станині 1 за допомогою пружних стрижнів 3. Чотири стрижні встановлені вертикально по кутах несучої площадки станини, а два - горизонтально для усунення поздовжнього переміщення несучої площадки [13].

На станині 1 встановлено датчик 4 переміщення несучої площадки, електрично пов'язаний з реєструючим пристроєм 5.

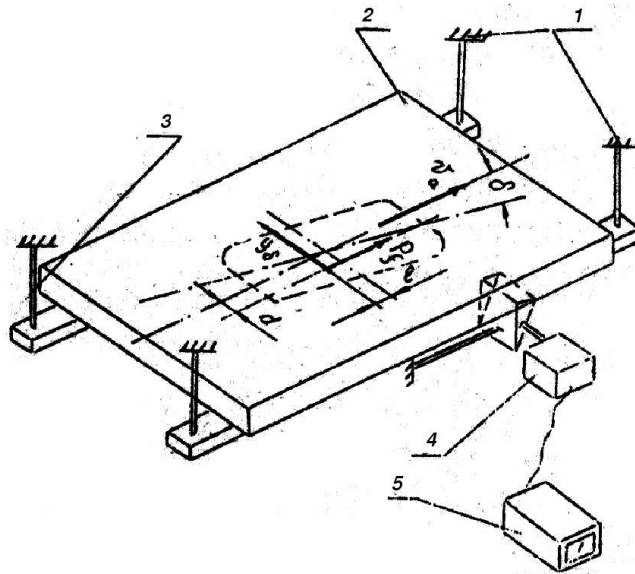


Рисунок 2 - Схема площадкового стенда: 1 – станина, 2 – рухома площадка, 3 - пружний стрижень, 4 - датчик, 5 - реєструючий пристрій

Експрес-діагностування установки коліс на стенді здійснюється таким чином. Автомобіль переїжджає рухому площадку. Рівнодіюча бокових сил, яка виникає в контактні шини з цією площадкою, переміщує її в напрямку, перпендикулярному до напрямку руху колеса. Переміщення несучої площадки сприймається датчиком 4. Дані про рівнодіючу силу реєструються пристроєм 5.

Недоліком стендів такого типу є:

- неможливість створення і підтримання постійної швидкості колеса;
- шлях, на якому вимірюються сили і моменти, обмежується довжиною вимірювальної площадки;
- складність конструкції за наявністю підвісних тросів, напрямних з роликами для вимірювальної площадки;
- швидкість кочення колеса при вимірюванні не перевищує 5 км/год.

Незважаючи на ці недоліки, даний тип стендів дозволяє отримати адекватні діагностичні параметри, а підключення реєструючої апаратури дозволить автоматизувати цей процес.

Таким чином, для вирішення поставленої задачі пропонується використання площадкового стенда. Для цього розглянемо взаємодію керованих коліс автомобіля і вимірювального пристрою стенда як статично невизначену пружну систему (рис. 3). Пружні елементи лівого та правого вимірювальних пристроїв мають жорсткості C' і C'' бокові жорсткості шин C_{y1} і C_{y2} ; кути розвалу коліс α_{01} і α_{02} . Припускаємо, що кожне колесо повернуто на один і той же кут сходження θ_0 , відповідний прямолінійному рухові автомобіля.

Автомобіль через наявність реакцій неголономних в'язей, що виникають при коченні шин на опорних площинах, чинить опір боковому зміщенню від зовнішньої поперечної сили. Для спрощення задачі реакція автомобіля на бокове зміщення приведена до переднього мосту автомобіля і на схемі позначена R_{y3} . Припустимо, що між приведеними реакцією R_{y3} та боковими зміщеннями Δ_3 існує лінійна залежність

$$R_{y3} = c_3 \Delta_3, \quad (1)$$

де C_3 - приведена до передньої осі "курсова жорсткість" автомобіля, що визначається внутрішньою структурою динамічної системи "опорна площа - шина - автомобіль" на вибраній траєкторії і обумовлює у даному випадку взаємозв'язок переднього мосту з автомобілем в цілому.

Залежність C_3 від параметрів автомобіля при його взаємодії з опорними площинами вимірювального пристрою потребує особливого розгляду.

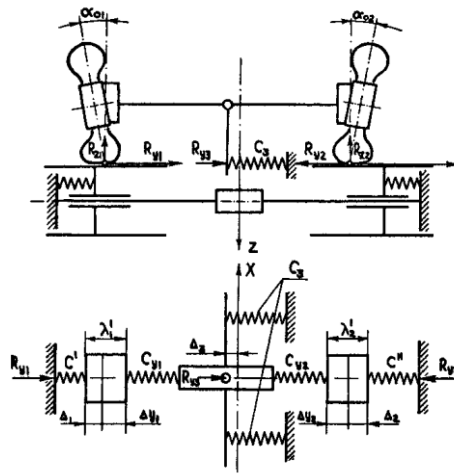


Рисунок 3- Схема стенда

Податливість пружних елементів C' і C'' вимірювального пристрою зменшує деформації пружної лінії шин в центрах контактів і на величину деформації пружних елементів лівого Δ_1 та правого Δ_2 вимірювальних пристроїв.

З урахуванням можливого зміщення центра мас переднього мосту відносно уявної траєкторії прямолінійного руху та перерозподілу сил пружності зліва і справа деформації шин на вимірювальних пристроях будуть такі:

$$\begin{aligned} \Delta y_1 &= \lambda_1' - \Delta_1 + \Delta_3; \\ \Delta y_2 &= \lambda_2' - \Delta_1 + \Delta_3. \end{aligned} \quad (2)$$

де $\Delta y_1, \Delta y_2$ - деформації середньої лінії шини в центрах контактів лівої та правої шин при взаємодії з вимірювальним пристроєм. Ця система рівнянь дозволяє розкрити статичну невизначеність системи і дає можливість визначити розподіл бокових реакцій на лівому і правому вимірювальних пристроях.

Рівняння рівноваги можна описати наступним рівнянням

$$R_{y1} - R_{y2} + R_{y3} = 0, \quad (3)$$

де R_{y1}, R_{y2} бокові реакції, які визначаються лівими та правими вимірювальними пристроями; R_{y3} - реакція опору боковому переміщенню передньої частини автомобіля.

Таким чином, бокові реакції опорних площин вимірювальних систем залежать не тільки від характеристик самої системи (сходження, розвалу, характеристик шини, її несиметричності), але й від сумарних жорсткостей вимірювальної системи та взаємного перерозподілу бокових реакцій через наявність приведеної до переднього моста жорсткості C_3 .

Висновки

У результаті проведеного аналізу конструкцій стендів можна відмітити, що найбільш доцільно використовувати динамічні площадкові стенди для дослідження процесів в контактній шини та для проведення експрес-діагностики стану передньої підвіски автомобіля. Причому критерієм справності підвіски являється мінімізація втрат на кочення.

1. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. - М.: Машиностроение, 1971.- 416 с.
2. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. - М.: Транспорт, 1978. -238 с.
3. Новопольский В.И. Оборудование приборы для исследования работы протектора автомобильных шин в контакте с опорной поверхностью/Новопольский В.И., Третьяков О.Б. // Каучук и резина. - 1967. - № 5. - С. 41-48.
4. Новопольский В.И. О взаимодействии протектора автошин с поверхностью дороги / Новопольский В.И., Непомнящий Е.Ф. // Фрикционный износ резин. - М.-Л., - 1964.-С. 250-260.
5. Захаров С.П. Распределение удельного давления шины на дорогу при высоких скоростях / Захаров С.П., Новопольский В.И // Труды НИИШП. - М.: Госхимиздат, -1957.-С. 131-153.
6. Говорущенко Н.Я. Основы эксплуатационной диагностики автомобилей / Говорущенко Н.Я., Гогайзель А.В., Климец Б.И. - Харьков: ХГУ, 1967. - 181 с.
7. Гречко Л.П. Сравнительные испытания шин на мокрой дороге / Гречко Л.П. Макеев Ю.П., Ларин А.Н. - М., 1987. - 8 с. - Деп. рук. ЦБНТИ Минавтотранс РСФСР Рос.акад.наук № 468-ат.
8. Терлецкий В.Г. Влияние параметров ходовой части на износ шин, управляемость и устойчивость движения автомобиля / Терлецкий В.Г., Константинов Г.А., Юрченко А.Н. // Автомобильный транспорт. - К.: Техника, 1968. - Вып. 5. - С. 95-99.
9. Калининский В.С. Модернизация универсального стенда модели 3327 для испытания шин и резино-технических изделий / Калининский В.С., Маслов И.В. // Каучук и резина. - 1987. - № 7. - С. 35-38.
10. Заршиков А.М. Стенд для исследования выходных характеристик шин легковых автомобилей / Заршиков А.М., Дик А.Б. // Труды Междунар. конф. «Проблемы шин и резинокордных композитов. Четвертый симпозиум». - М.: НИИШП, 1992. - С. 112-118.
11. Захаров С.П. Распределение удельного давления шины на дорогу при высоких скоростях / Захаров С.П., Новопольский В.И. // Труды НИИШП. - М.: Госхимиздат, 1957.-С. 131-153.
12. Петров О.В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин: автореф. дис. На здобуття ступеня канд.техн.наук: спец. 05.22.02 / Петров Олександр Вікторович; Національний транспортний ун-т. – Київ, 2008. – 20 с.
13. Кошарний М.М. Діагностика ходової частини автомобіля. - К.: ІЗМН, 1998.- 72 с.