

формування практичних навичок управління якістю, аналітичного мислення та культури безперервного вдосконалення освітнього процесу.

Перелік посилань

1. Greere A. Training for quality assurance in higher education: practical insights for effective design and successful delivery // *Quality in Higher Education*. 2022. Vol. 28(2). P. 165–191. DOI: 10.1080/13538322.2021.2020978

РОЗВИТОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ АВТОТРАКТОРНИХ КОЛІС

здобувач гр. АПМ-41-22 Пащенко Анатолій Олегович
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Мета дослідження: проаналізувати етапи розвитку експериментальних методів дослідження напружено-деформованого стану (НДС) автотракторних коліс та визначити основні напрями вдосконалення підходів до оцінювання їх міцності й втомної довговічності в умовах експлуатаційних навантажень.

Проблематика міцності автотракторних коліс почала активно розвиватися з середини ХХ століття, коли з'явилися перші систематизовані експериментальні дослідження напруженого стану елементів колеса. На ранньому етапі такі дослідження були переважно спрямовані на виявлення зон концентрації напружень та локалізацію найбільш навантажених ділянок обода без побудови повноцінних розрахункових моделей.

Одними з перших фундаментальних експериментальних робіт стали дослідження М. Polzin, R.A.C. Fosberry та Н. Arldt [1, 2, 3, 4]. У роботах М. Polzin [1] було досліджено навантаження, що діють на колесо в умовах прямолінійного руху, повороту та гальмування. На основі аналізу тріщин у лаковому покритті поверхні колеса було локалізовано зони деформацій і визначено місця встановлення тензорезисторів. Подальші тензометричні вимірювання дали змогу отримати криві зміни деформацій за один оберт колеса для найбільш відповідальних ділянок конструкції.

R.A.C. Fosberry [2] дослідив вплив внутрішнього тиску в шині, вертикального навантаження та динамічних навантажень, що виникають при розгоні, русі по криволінійній траєкторії та гальмуванні. У результаті було побудовано епюри розподілу напружень по перерізу обода та встановлено вплив розміру шини на величину напружень. Було показано, що застосування шин, розміри яких перевищують стандартні, спричиняє зростання напружень в ободі.

У роботах Н. Arldt [3, 4] основну увагу приділено втомній міцності сталевих ободів. Встановлено, що максимальні напруження виникають у

зонах, де геометрія поперечного перерізу найбільше відхиляється від циліндричної форми, зокрема на внутрішніх радіусах посадкової полиці та бортової закраїни. Також підкреслено важливість урахування технологічних чинників виготовлення, форми кріпильних отворів і локальних концентраторів напружень.

Подальший розвиток експериментальних методів пов'язаний із роботами школи V. Grubisic у Fraunhofer Institut fuer Betriebsfestigkeit [5, 6, 7]. Ним було запропоновано систему втомних випробувань коліс на біговому барабані в одній та двох площинах, відому як Eurocycle, а також методику двовісних випробувань ZWARP. Ці підходи дали змогу перейти від локального вимірювання напружень до моделювання реальних експлуатаційних циклів навантаження, включаючи прямолінійний рух, повороти, наїзди на перешкоди та дію бокових сил. Важливим результатом стало врахування циклічного характеру навантаження, внутрішніх залишкових напружень, впливу монтажу шини, тиску повітря та температурних ефектів у процесі роботи колеса.

Сучасний етап розвитку експериментальних досліджень НДС коліс характеризується переходом до більш комплексного відтворення умов експлуатації, включаючи нестандартні режими роботи, дефекти кріплення, ударні навантаження та вплив сучасних адаптивних підвісок. Це свідчить про необхідність подальшого вдосконалення методів оцінювання НДС коліс з урахуванням реальних експлуатаційних сценаріїв.

Отже, розвиток експериментальних методів дослідження НДС автотракторних коліс пройшов шлях від локальних тензометричних вимірювань до комплексних стендових випробувань, максимально наближених до реальних умов експлуатації. Саме ці підходи формують основу сучасних досліджень міцності, довговічності та функціональної надійності коліс транспортних засобів.

Перелік посилань

1. Polzin M. Magnesium alloy truck wheels evaluated analytically / Polzin M. Warrendale, Pa. : Society of Automotive Engineers, 1952. 20 p. (SAE Technical Paper series 520056).
2. Fosberry R.A.C. An Investigation of Stresses in Public Service Vehicle Type Wheels / Fosberry R.A.C. *The Institution of Mechanical Engineers, Automobile division Proceedings*. 1952. Vol. 6, № 1. P. 91-103.
3. Arltdt H. Der Scheibendauerversuch – ein Prueftest fuer Kraftfahrzeugraeder. *Automobiltechn. Z.* 1960. Vol. 62, № 10. P. 255-261.
4. Arltdt H. Festigkeitsprobleme an Felgen und Kraftfahrzeugraedern. *Automobiltechn. Z.* 1959. Vol. 61, № 4. P.103-107.
5. Grubisic V. Bemessung und Pruefung von Fahrzeugrudern. Teil 1. *Automobiltechnische Zeitschrift*. 1973. № 1. P. 9-18.

6. Grubisic V. Bemessung und Prufung von Fahrzeugrudern. Teil 2. *Automobiltechnische Zeitschrift*. 1973. № 7. P. 252-258.

7. Grubisic V., Pavlovsky R. Bemessungsverfahren fur Radsterne und Felgen. *Automobiltechnische Zeitschrift*. 1973. № 9. P. 324-330.

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПРУЖНОГО КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ НА ОПОРНУ ПОВЕРХНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ПАРЦІАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНЬ

д-р техн. наук, професор Подригало Михайло Абович
магістрант Бобров Ілля Олексійович

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сучасні дослідження динаміки автомобілів і тракторів вимагають переходу від класичних підходів до більш точних методів, що базуються на прямих вимірюваннях. Традиційний принцип Д'Аламбера, який використовує фіктивні сили інерції для зведення динаміки до статички, («кінетостатика») часто призводить до теоретичних помилок та втрати фізичного змісту реальних процесів. Як сучасну альтернативу вчені пропонують метод парціальних прискорень, який базується на принципі «кінемодинаміки».

В основі методу лежить принцип суперпозиції: кожна активна чи реактивна сила розглядається через відповідне їй парціальне прискорення – тобто прискорення, яке отримала б точка системи під дією лише однієї конкретної сили. Це дозволяє замінити змішану систему сил і прискорень у рівняннях динаміки на однорідну векторну суму прискорень, що значно полегшує експериментальні дослідження за допомогою сучасних сенсорів.

Оцінка тягово-енергетичних показників методу парціальних прискорень дозволяє з високою точністю розділяти компоненти сумарного опору руху автомобіля без використання дорогих аеродинамічних труб чи стендів. Використовуючи метод вибігу, можна одночасно визначити коефіцієнт дорожнього опору та чинник обтічності, розв'язуючи систему диференціальних рівнянь.

Особливу цінність метод має для дослідження систем зі змінною масою, таких як тракторні потяги під час завантаження від комбайна. Він дозволяє розраховувати необхідну ефективну потужність двигуна в реальному часі для підтримання синхронної швидкості агрегатів, враховуючи динамічну зміну маси та сил опору.

У сфері безпеки руху метод парціальних прискорень пропонує нові критерії оцінки поперечної стійкості. Метод дозволяє визначити граничні умови перекидання машини під дією імпульсних збурень, розділяючи збурений рух на обертальний та плоскопаралельний. Критерієм динамічної