**Губачева Лариса Олександрівна. Теоретичні основи синтезу фрикційних звязків і удосконалення демферів екіпажу швидкісного поїзда : Дис... д-ра наук: 05.22.07 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Губачева Л.О. Теоретичні основи синтезу фрикційних зв'язків і удосконалення демпферів екіпажу швидкісного поїзда – Рукопис.  Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за фахом 05.22.07 – рухомий склад залізниць і тяга поїздів. - Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, Луганськ, 2006.  Дисертація присвячена проблемі забезпечення заданих експлуатаційних властивостей екіпажа рухомого складу, призначеного для високих швидкостей руху. В основу рішення проблеми покладений синтез фрикційних зв'язків екіпажної частини рухомого складу, що базується на моделюванні просторової картини динамічного навантаження ресорного підвішування і поглибленому дослідженні характеристик рухливих сполучень, виконаних з урахуванням впливу конструктивних особливостей, фізичних процесів зношування поверхонь тертя з урахуванням теплових потоків в матеріалах елементів, що сполучаються, фізико-механічних властивостей матеріалів, динамічних і кліматичних чинників, що створило передумови для вибіркової дії на індивідуальні властивості елементів системи з метою досягнення заданих експлуатаційних властивостей системи в цілому.  На основі тривимірного моделювання методом кінцевих елементів, процесів фрикційної взаємодії рухливих сполучень екіпажної частини рухомого складу і рішення задач у термо-пружно-пластичній постановці здійснений обгрунтований вибір конструкції фрикційного демпфера.  На підставі синтезу фрикційних зв'язків встановлені технічні вимоги до фрикційних демпферів, створена нова високонадійна конструкція, запропоновані прогресивні маловідхідні технології виготовлення його основних деталей. Розроблені нові методи підвищення показників безвідмовності демпфуючих пристроїв і довговічності ланок, які є причиною їх відмов, фізично обгрунтовані моделі процесу тертя-зношування, методики збору експлуатаційних даних і їх статистичної обробки, визначення зносу рухливих сполучень фрикційних демпферів. Вирішена задача забезпечення надійності роботи фрикційних демпферів уведенням конструкторсько-технологічних удосконалень контактних поверхонь сполучень. Шляхом теоретико-експериментальних досліджень динаміки екіпажа швидкісного поїзда визначені межі стабільної роботи фрикційного демпфера, що забезпечують його експлуатаційну надійність в міжремонтний період.  Розроблені методи підвищення зносостійкості і довговічності ланки, яка є причиною відмов (втулки шпинтона), в розмірному ланцюзі зв'язаних деталей фрикційного демпфера. Запропоновані нові ресурсозберігаючі технології виготовлення заготовок елементів фрикційних демпферів методами штампування, що дозволяє значно підвищити їх міцність, жорсткість і зносостійкість шляхом поліпшення мікроструктури деталі. Моделювання і розрахунок напружено деформованого стану процесів пластичної формозміни методом кінцевих елементів (МКЕ) дозволили визначити зусилля деформації, розміри заготовки, деформації, поточні і залишкові напруги.  Нова конструкція фрикційного демпфера дозволить забезпечити рівномірний знос поверхонь, що труться, попередження схоплювання і заклинювання, підвищити надійність і збільшити міжремонтний пробіг фрикційних демпферів в 1,5-2 рази, а вживання нових ресурсозберігаючих технологій штампування – скоротити відходи дорогих матеріалів у 2,5 рази.  **Ключові слова.** Швидкісний поїзд. Рухливі сполучення. Екіпаж. Демпфер. Коливання. Вірогідність безвідмовної роботи. Довговічність. Силова характеристика. | |
| |  | | --- | | В дисертації розв'язана актуальна проблема залізничного транспорту, пов'язана із забезпеченням заданих експлуатаційних властивостей екіпажа рухомого складу, призначеного для високих швидкостей руху. В основу рішення проблеми встановлений синтез фрикційних зв'язків екіпажної частини рухомого складу, що базується на моделюванні просторової картини динамічного навантаження ресорного підвішування і поглибленому дослідженні характеристик рухомих сполучень, виконаних з урахуванням впливу конструктивних особливостей, физико-механічних властивостей матеріалів, експлуатаційних і кліматичних чинників, що створило передумови для виборчої дії на індивідуальні властивості елементів системи з метою досягнення заданих експлуатаційних властивостей системи в цілому.  1. Теоретичний аналіз проблеми дослідження, а також досвід експлуатації показав, що одним з чинників, обмежуючим підвищення швидкостей руху і поліпшення динамічних показників ресорного підвішування екіпажа, і, перш за все фрикційних демпферів, є силові фрикційні зв'язки ходових частин рейкових екіпажів, які зумовлюють швидкісні якості рухомого складу.  2. Розкриті закономірності физико-механічних процесів інтенсивного зношування елементів демпфера, викликаного локальним перегрівом його робочих поверхонь. Розроблений спосіб визначення потужності теплового випромінювання дисипативної енергії гасіння коливань, що дозволяє визначати оптимальний тепловий режим роботи фрикційного демпфера, при якому відсутнє явище схоплювання взаємодіючих поверхонь.  3. Розроблена комплексна тривимірна математична модель процесу взаємодії контактуючих поверхонь елементів фрикційного демпфера. На відміну від існуючих, встановлений взаємозв'язок між конструктивними особливостями вузла тертя, топографією поверхонь, інтенсивністю теплових процесів, а також физико-механічними властивостями тіл. Дана аналітична оцінка динаміці зростання температури, а також розподілу нормальних напруг по поверхні елементів тертя фрикційного демпфера. Встановлено, що за кожний цикл навантаження (0,195с), температура поверхні збільшується в середньому на 0,0540С. Визначені оптимальні режими експлуатації фрикційних пар тертя, а також геометрія поверхонь, що труть.  Адекватність математичної моделі підтверджується задовільною збіжністю (в межах 5%), розрахункових і експериментальних значень термодинамічних параметрів циклу навантаження.  4. Одержала подальший розвиток математична модель коливальних процесів екіпажної частини пасажирського вагону. Найбільш точне представлення просторового динамічного навантаження дозволило теоретично досліджувати амплітудно-частотні характеристики коливань екіпажа, одержати аналітичні вирази співвідношень жорсткостей двох ступенів ресорного підвішування і силових характеристик демпферів, в яких разом з лінійним в'язким тертям, враховувалося сухе тертя, а також тертя, пропорційно переміщенню.  5. Створена комплексна математична модель, що дозволяє вирішувати оптимізаційну задачу пошуку конструктивних параметрів рухомих сполучень екіпажа, що забезпечують необхідні динамічні показники при збільшенні швидкостей руху, і визначати:  - головні власні форми коливань системи;  - підскакування і галопування кузова і рам візків для різних моделей тертя;  - амплітудно-частотні характеристики;  - співвідношення жорсткостей центральної і надбуксової ступенів підвішування;  - силові характеристики демпфера;  - роботу дисипативних сил;  - плавність ходу вагону при різних швидкостях руху і характеристиках тертя демпфера.  6. Визначені межі стабільної роботи фрикційного демпфера з урахуванням плавності ходу вагону (W<3,25) і максимальних швидкостей руху, що допускається, до 65 м/с. Встановлено, що при зносі втулки до 1,0...1,2 мм сили тертя в надбуксових ступінях підвішування збільшуються від 1,2 до 15 кН(для прототипу до 4,2 кН), при цьому спостерігається зменшення відносних переміщень кузова і візків у всьому діапазоні досліджуваних частот (1...10 Гц). При зносі втулки в межах1,2...1,5 мм і більш, збільшення сил тертя в надбуксових ступінях підвішування досягає величини в 40 кН (для прототипу 4,5...6,5 кН і 17 кН), при цьому практично не забезпечується допустима плавність руху вагону у всьому діапазоні досліджуваних частот (1...10 Гц).  7. В результаті розрахунково-експериментальних досліджень фрикційних демпферів виявлені і проаналізовані закономірності впливу триботехнічних і конструктивних параметрів на показники роботи екіпажа. Зокрема:  - встановлений вплив конфігурації профілю зносу на трибологичні показники роботи головної пари тертя. В досліджуваній конструкції прийнятні значення кута вироблення початкової ділянки повинні знаходитися в межах 00...17,50.  - обґрунтована доцільність регулювання температури в зоні сполучення в період сталого циклу роботи, залежно від максимально можливої температури (не більше 1200С). Із збільшенням температури раціональне значення сили тертя (по умові стабільної роботи) зростає.  - доведена доцільність конструктивних і технологічних способів підвищення зносостійкості і стабільності характеристик фрикційних демпферів шляхом спеціального профілювання сполучення головної пари тертя. Встановлена доцільність виконання поверхні втулки шпінтона у вигляді східчастої піраміди, що дозволило збільшити допуск на знос. Кількісно оцінений резерв підвищення термічної зносостійкості за рахунок збільшення міцності заготовки до 150...200 МПа методами пластичної деформації і поверхневої твердості на 6...8 HRC.  8. Розроблені випробувальні стенди, методики статистичної обробки і аналізу натурних випробувань зносу шляхом вимірювання лінійного розміру і обробки результатів методом нелінійної апроксимації динаміки зносу рівнянням параболи, а також прогнозування показників безвідмовності і довговічності елементів демпфера, що забезпечили проведення дослідів за визначенням триботехнічних характеристик сполучених поверхонь і прогнозуванням експлуатаційних властивостей екіпажа, що підтвердили з достатньою точністю адекватність математичних моделей.  Лабораторні, стендові і натурні випробування підтвердили наявність заданих експлуатаційних властивостей, а також високу ефективність і надійність фрикційного демпфера.  9. Техніко-економічний розрахунок ефективності вживання фрикційних демпферів в надбуксовому підвішуванні візків пасажирських вагонів показав можливість підвищення швидкості руху до 65 м/с (по критерію плавності ходу, що допускається), міжремонтного пробігу в 1,5...2 рази в результаті заміни базового демпфера його уніфікованою конструкцією, призначеною для використовування як на швидкісному рухомому складі, так і на рухомому складі різного типу і років споруди, а вживання ресурсозберігаючих технологій штампування дозволяє скоротити витрату матеріалу більш ніж в 2,5 рази.  Техніко-економічна ефективність від упровадження демпфера складе 820 тис. грн. (на 500 вагонів).  10. Наукові і практичні результати роботи упроваджені на ВАТ „ХК „Луганськтепловоз”, НВЦ „Трансмаш”, ВАТ „Трансмашінвест” м. Луганськ при виготовленні фрикційних демпферів для рухомого складу, а також використовуються в учбовому процесі кафедр ВНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, кафедри триботехніки інституту машинобудування м. Санкт-Петербург (Росія) і в проектно-конструкторській діяльності лабораторії полімерних композитів на кафедрі хімії Дніпропетровського аграрного університету. | |