**Стрельніков Віктор Микитович. Створення високонавантажених механiчних передач із гнучкими ланками i промiжними тiлами кочення для редукторiв важкого машинобудування : Дис... д-ра наук: 05.02.02 - 2007.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | *Стрельніков В.М. Створення високонавантажених механiчних передач із гнучкими*  *ланками i промiжними тiлами кочення для редукторiв важкого машинобудування. – Рукопис.*  Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за фахом 05.02.02. — Машинознавство. – Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Луганськ, 2006.  У дисертації представлено результати створення нових різновидів високонавантажених передач із пружними ланками для важких машин на основі дослідження геометрії зачеплення, кінематичного й силового аналізу, визначення напружено-деформованого стану несучих елементів.  Розроблено нову теорію зачеплення передач із пружними проміжними тілами кочення. Встановлено причини та розміри інтерференції зубців у хвильовій передачі. Розв'язано ряд нових задач теорії пружності й визначено напружено-деформований стан гнучкого колеса, дисків генератора хвиль, кругових зубців; розв'язано контактну задачу тіл близької кривизни, одне з яких – тонкостінний ролик. Визначено к.к.д. i розроблено рекомендації щодо оптимізації досліджуваних передач.  Результати виконаних досліджень упроваджені на промислових підприємствах України. | |
| |  | | --- | | Розв’язано важливу науково-технічну проблему створення високонавантажених передач із ГЛ і ПТК для редукторів важкого машинобудування, яка визначає перспективний напрям розвитку привідної техніки. Отримані результати забезпечують можливості зростання одиничної потужності та продуктивності машин, зменшення їхніх габаритів і маси, підвищення експлуатаційних показників (табл. 1).  Таблиця 1  Порівняльна характеристика нових конструкцій редукторів із ХЗП і ПТК з базовими  1. На основі проведеного аналізу праць в області механічних передач установлено, що:  - існуючі ХЗП і ПП не мають високу навантажувальну здатність і не можуть бути використані в редукторах важкого машинобудування;  - перспективним напрямом розвитку привідної техніки є створення нових різновидів високонавантажених ХЗП із ГЛ і ПП із ПТК, що працюють у широкому діапазоні передаточних відношень.  Відсутність сьогодні науково-теоретичних основ і практичних рекомендацій щодо створення високонавантажених механічних передач із ГЛ і ПТК визначила напрям теоретичних та експериментальних досліджень.  2. Розроблено математичну модель, виконано кінематичний і силовий аналіз зубчастого зачеплення ХЗП; уперше встановлено функціональний взаємозв'язок інтерференції зубців, конструктивних і силових факторів; визначено умови існування зубчастої пари.  За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень для усунення явищ інтерференції рекомендовано:  - зрізати вершини зубців від середини висоти на торцях розбіжними конусами під кутом 6;  - обмежувати ширину зубчастих вінців до значень ;  - обмежувати поле зачеплення до = 30 … 35 стосовно великої осі генератора хвиль;  - при навантаженнях застосовувати конструкції ХЗП із двома гнучкими колесами.  3. Розроблено математичну модель кочення диска по краю оболонки, реалізація якої дозволила:  - установити причини виникнення осьових сил, що негативно впливають на роботу ХЗП, і визначити їхні максимальні значення;  - одержати залежність розподілу навантаження в зубчастому зачепленні від кута повороту генератора хвиль .  З метою зменшення осьових сил у ХЗП рекомендовано:  - зменшити коефіцієнт тертя в кінематичних парах до шляхом використання антифрикційних матеріалів;  - обмежити кут відхилення дисків g від площини їхнього руху до значень **.**  Практична реалізація рекомендацій дозволила зменшити осьові сили у ХЗП на 40%.  4. Проведено теоретичні й експериментальні дослідження НДС основних несучих елементів ХЗП — гнучкого колеса та дисків генератора хвиль. При цьому розв'язання задач теорії пружності дозволило:  - уточнити навантаження, що діють у зубчастому зачепленні;  - підвищити точність розв'язку задач теорії пружності на 25 … 30%.  На основі отриманих результатів рекомендовано:  - модифікацію геометричних параметрів гнучкого колеса виконувати з умови ;  - зменшувати товщину гнучкого колеса на 25 30%;  - зменшувати в 2 рази товщину дисків шляхом симетричної вибірки по торцевих площинах;  - для важких режимів роботи ХЗП використовувати диски з маточиною.  5. Розроблено теорію геометричного синтезу зубчастого зачеплення з ПТК, де елементи зачеплення в початковій фазі не обумовлені теоремою Ейлера - Саварі. Обґрунтовано можливість сполучення зубців з роликами, де стабільність передаточного відношення забезпечено багатопарністю зачеплення та радіальною піддатливістю роликів. При цьому:  - досліджені можливі варіанти сполучення зубців з роликами, визначений уплив геометричних параметрів зачеплення та крутного моменту на деформацію роликів;  - установлені межі існування кругового зубчастого зачеплення, умови прояву кромкового контакту й особливості інтерференції зубців, розроблено метод усунення інтерференції;  - теоретично й експериментально досягнуті умови одночасного зачеплення 30 % роликів.  З метою модифікації геометричних параметрів кругового зачеплення рекомендовано:  - призначати піддатливість роликів, що забезпечує багатопарність зачеплення;  - для уникнення кромкового контакту й більш рівномірного розподілу сил у зачепленні приймати кути *q* максимальними, відповідно до нерівностей: ;  - параметр *D\** приймати з умов відсутності інтерференції і стабільності передаточного відношення;  - для високонавантажених передач використовувати кругове зубчасте зачеплення гладких поверхонь з радіальним зазором;  - початковий зазор у зачепленні приймати відповідно до рівності: ;  - дотримуватися умов відсутності інтерференції зубців, що отримані у формі нерівностей:  6. Проведено аналіз напружено-деформованого стану зубців передачі з ПКТ. При цьому:  - розроблено розрахункові моделі кругових зубців сателіта та колеса;  - зроблено висновок і проведено розв'язання диференціальних рівнянь пружності зубця.  На основі отриманих рішень:  - уточнено розподіл напруг у масиві зубця, у т.ч. на його граничних поверхнях;  - підвищено на 20...25% точність розв'язання задачі пружності розрахунку зубця на міцність.  7. Розв'язано контактну задачу опукло-увігнутих поверхонь зубців і пружних роликів, що мають близьку за величиною кривизну. При цьому:  - отримано розв'язок зворотної задачі про контактну взаємодію пружних тіл для різної товщини стінки пустотілого циліндра;  - уточнено розподіл місцевих контактних напруг у масиві зубця, у тому числі на його граничних поверхнях;  - виявлено залежність кутів , що визначають ширину площадки контакту, від максимальних тисків у контакті для різної товщини стінки порожнистого циліндра;  - побудовано епюри контактних напружень у перерізах зубця та ролика для різних співвідношень параметрів контактуючих поверхонь.  На основі проведених досліджень для високонавантажених ПП із ПТК рекомендовано застосовувати коаксіальну оболонкову конструкцію роликів.  8. Проведено аналіз основних факторів, що впливають на втрати енергії у вищих кінематичних парах. Отримано теоретичні й експериментальні залежності енергетичних утрат від геометричних, кінематичних і силових показників ХЗП і передач із ПТК.  Для підвищення к.к.д. хвильових редукторів і передач із ПКТ рекомендовано:  - приймати кути , між великою віссю й початком входу зубців у зачеплення на 10 … 15  меншу від центрального кута між великою віссю і точкою сходу гнучкого колеса з диска;  - усунути люфти й осьові зазори між дисками;  - не використовувати плаваючу конструкцію генератора хвиль;  - установлювати антифрикційне кільце в простір між дисками та гнучким колесом;  - не використовувати сферичні опори при монтажі дисків генератора хвиль;  - в області зубчастого зачеплення та генератора хвиль ХЗП підводити примусове змащення;  - дотримуватися умов: , ;  - не використовувати механізм паралельних кривошипів, замінивши його, наприклад, муфтою з ПТК.  Реалізація запропонованих рекомендацій на практиці дозволила підвищити к.к.д. ХЗП на 15...18%, передач із ПТК - на 8...10% ( у порівнянні з показниками для базових редукторів).  9. Розроблено стенди, методики лабораторних і промислових випробувань нових конструкцій високонавантажених механічних передач із ГЛ і ПТК. Експериментально підтверджена адекватність розроблених математичних моделей досліджуваним процесам, що протікають у реальних конструкціях. Розбіжність результатів теоретичного моделювання й експериментів не перевищує 2 8%.  10. Поставлена в дисертації мета досягнута, сформульовані завдання вирішені.  Практична цінність дисертації підтверджена актами впровадження результатів дослідження у виробництво редукторів для комплектації сучасної привідної техніки (табл. 1). Економічний ефект від упровадження 92 редукторів із ХЗП і ПП із ПТК склав 11948654 грн, зниження трудомісткості – 23838 н/год (29,2%), металомісткості – 813,665 т (67,9%). Розроблено й упроваджено 7 методик: ЗАТ "НКМЗ", АТЗТ НДІ "Редуктор", ВАТ НДІПТМаш, ВАТ "ХТЗ", ТОВ "МГЗ" , СНУ ім. В. Даля. | |