

В І Д Г У К

офіційного опонента про дисертаційну роботу Полуяна А.В.
"Параметричний синтез енергоощадного багатомасового ланцюгового привода", яка
подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство

В дисертаційній роботі Полуяна А.В. розглядаються питання розроблення нового підходу до розрахунку та конструювання багатомасового ланцюгового приво-
ду, що уможлиблює ще на стадії проектування комплексно аналізувати кінематичні
та динамічні характеристики, визначати напружено-деформований стан деталей ла-
нцюгової передачі під час руху та діагностувати її, а також надасть можливість ви-
значення (методом підбору) оптимальних параметрів, при яких забезпечується висо-
ка динамічна якість.

Актуальність теми дисертації

Одним з основних видів механічного приводу великої кількості механізмів і
машин є ланцюгові передачі, оскільки вони поєднують переваги зубчастих і пасових
передач. Ланцюгові передачі незамінні при великих міжосьових відстанях і менш
коштовні, ніж зубчасті, які вимагають застосування додаткових проміжних коліс з
підшипниками; вони менш чутливі до забруднень і нерегулярного обслуговування.
На відміну від пасових, вони працюють без проковзування, не викликають високих
навантажень на підшипники, забезпечують двобічне зачеплення з зірочками, що
особливо важливо для приводу одним ланцюгом декількох виконавчих органів.

Найважливішими задачами проектування такого приводу є забезпечення здат-
ності ланцюгової передачі зберігати свою працездатність протягом заданого періоду
часу за певних умов експлуатації, зниження її матеріаломісткості та енергоспожи-
вання.

Зниження матеріаломісткості та енергоспоживання ланцюгової передачі, шля-
хом заміни металевих деталей передачі на полімерні, призводить до зміни її пруж-
них, інерційних та в'язких параметрів, створюючи, тим самим, неузгодженість ко-
ливань динамічної системи ланцюгової передачі та зсув резонансних зон частот обе-
ртання мас, що, в свою чергу, призводить до необхідності зміни традиційної мето-
дики розрахунку ланцюгових передач.

Незважаючи на накопичений досвід у теорії та практиці, існуюча методика проектування ланцюгових приводів базується виключно на розрахунках найпростіших двомасових передач і не враховує фактичної багатомасовості з її складними динамічними процесами.

Відкритими залишається низка питань, які являють собою актуальну науково-технічну проблему в області автоматизованого розрахунку та проектної побудови багатомасової ланцюгової передачі, підвищення її експлуатаційних показників. Синтез багатомасових ланцюгових передач на базі їх автоматизованого проектування за критеріями зниження динамічних навантажень, металомісткості та енерговитрат, за рахунок застосування полімерних композитів, є безперечно актуальним, що має практичну цінність для різних галузей машинобудування.

Ступінь обґрунтованості та вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість кожного висновку доведена:

- дослідженням та порівняльним аналізом динаміки напружено-деформованого стану деталей багатомасових ланцюгових передач у металевому та полімерному виконанні;
- алгоритмом розрахунку та підбору оптимальних параметрів багатомасової ланцюгової передачі;
- порівнянням натурно-експериментального та комп'ютерного дослідження динаміки багатомасового ланцюгового приводу;
- післяпроектною діагностикою та аналізом ефективності використання методики проектування багатомасового ланцюгового приводу.

Вірогідність отриманих наукових висновків і результатів, а також рекомендацій по параметричному синтезу енергоощадного багатомасового ланцюгового привода базується:

- на критичному аналізі сучасного стану розроблень та досліджень ланцюгових передач і приводів, які не відображають повну картину динамічних явищ в ланцюговій передачі, не враховують перехідні процеси, тертя між контактними парами та їх матеріали, зміну імпульсу сили, що дозволяє судити про реверсивність передачі, зміну загальної кінетичної енергії та необхідної потужності двигуна; виявлено

також низку недоліків з автоматизованого проектування: відсутній нелінійний динамічний аналіз руху деталей передачі, проектний розрахунок передбачає лише двомасові ланцюгові передачі, розглядається напружено-деформований стан деталей ланцюгової передачі лише в статиці, немає графічного виводу основних динамічних параметрів передачі з плином часу;

- на логічному обґрунтуванні прийнятих припущень під час формування математичних моделей;

- на результатах використання методів теорії машин і механізмів, деталей машин, теорії коливань, вищої математики та чисельного аналізу диференціальних рівнянь, механіки деформованого твердого тіла, скінченно-елементного аналізу, методів оптимізації, програмування, а також тензометрії в експериментальних дослідженнях;

- на результатах експериментальних і комп'ютерних перевірок та прийнятним ступенем їх збігання з розрахунковими параметрами.

Отже, усі висновки і рекомендації в дисертаційній роботі мають достатні обґрунтування і вірогідність.

Наукова новизна

Вперше розроблено і створено математичний апарат для параметричного синтезу енергоощадного багатомасового ланцюгового приводу, що уможливило проведення комплексного дослідження його кінематичних та динамічних характеристик, а саме:

- проведено порівняльний аналіз кінематичних та динамічних характеристик 2-х, 3-х і 6-ти масових ланцюгових передач в металевому та полімерному виконанні;

- проведено порівняльний аналіз динаміки напружено-деформованого стану елементів багатомасових ланцюгових передач в металевому та полімерному виконанні;

- вперше проаналізовано вплив випадкових коливань на кінематичні характеристики ролика;

- визначено кінематичні характеристики руху ролика в металевому і полімерному виконанні на стадіях розгону, усталеного руху і вибігу для багатомасового ланцюгового приводу;

Удосконалено експериментальний стенд для проведення натурних експериментів з використанням інструментального підсилювача AD8555, що забезпечує можливість калібрування і підсилення сигналу за допомогою цифрового інтерфейсу та осцилографа, який зберігає результати для подальшого цифрового оброблення спеціалізованим програмним забезпеченням на ПК, що призводить до зменшення витрат часу на оброблення експериментальних даних.

Основні положення висновків та розробок дисертації опубліковані повністю у 32 наукових працях: 9 статей у фахових виданнях, які входять до переліку ВАК України; 1 стаття у фаховому виданні, яке не входить до переліку ВАК України; 3 статті в закордонних фахових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних; отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму, зроблено 18 доповідей на конференціях, конгресах та симпозиумах з відповідними публікаціями.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації.

Практична цінність отриманих результатів

Полягає у тому, що дисертаційні дослідження завершено створенням нового підходу до розрахунку, конструювання та можливості визначити оптимальні параметри багатомасових ланцюгових передач:

- розроблено алгоритм і створено програмний продукт "Расчёт n-массовой цепной передачи", який враховує втрати потужності на тертя в шарнірах ланцюгового контуру, визначає оптимальні параметри передачі, при яких забезпечується висока динамічна якість, коефіцієнт корисної дії, термін служби, будує контур передачі та розраховує усі необхідні дані для побудови її просторової моделі, задовольняючи такі критерії працездатності передачі, як втомне руйнування роликів та пластин ланок ланцюга по їх руйнівному навантаженню;

- розроблено інженерну методику проектування 3D моделей багатомасових ланцюгових передач, яка дозволяє інженеру-конструктору комплексно дослідити рух елементів ланцюгової передачі, переглядати імітацію її роботи, варіювати параметрами передачі, враховуючи: жорсткість, в'язкість, випадкові коливання, нелінійність деформації матеріалів при контакті між собою просторових моделей системи, їх інерційність, статичне і динамічне тертя в контактних парах;

– новизна алгоритму та комп'ютерна програма захищена Свідоцтвом №59073.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені на приватному акціонерному товаристві "Чернігівський автозавод", приватно-орендному підприємстві сільськогосподарського машинобудування та в навчальному процесі Чернігівського національного технологічного університету.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності

Основний зміст дисертації викладений у 4 розділах, складає 151 сторінку, куди входять вступ, 137 рисунків, 2 таблиці, висновки, посилання на 114 літературних джерел та 3 сторінки додатків.

У **вступі**, у відповідності з вимогами, викладені вхідні дані дисертації: розкрито сучасний стан проблеми проектування та підбору оптимальних параметрів багатомасового ланцюгового приводу, обґрунтовано доцільність проведення досліджень та актуальність теми; сформульовано мету і задачі дисертації, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів; наведено дані про апробацію результатів і публікації, що відображають основний зміст дисертації, особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячений теоретичним та експериментальним дослідженням динаміки ланцюгового приводу, практиці застосування полімерних матеріалів і композитів на їх основі для виготовлення деталей ланцюгових передач, дослідженням впливу параметрів двигуна на характеристики роботи ланцюгового приводу, автоматизації розрахунків ланцюгових передач і приводів, обґрунтуванню мети і задач дослідження.

У другому розділі викладені теоретичні дослідження кінематичних та динамічних характеристик багатомасового ланцюгового приводу в металевому і полімерному виконанні деталей передачі, розроблено алгоритм розрахунку, визначення оптимальних параметрів та побудови 3D моделі багатомасової ланцюгової передачі, який уможливило подальше комплексне дослідження кінематики, динаміки та напружено-деформованого стану елементів передачі (пластин зовнішніх та внутрішніх ланок ланцюга в русі) та приводу в цілому. Алгоритм розрахунку та визначення оптимальних параметрів багатомасової ланцюгової передачі покладений в основу роз-

робленого програмного продукту "Расчёт n-массовой цепной передачи", який призначений для геометричного, міцнісного та оптимізаційного розрахунку багатомасових ланцюгових передач і перевірки їх працездатності при заданих параметрах, побудований за блоковим принципом проектування.

Третій розділ присвячений порівнянню натурно-експериментального та комп'ютерного моделювання динаміки ланцюгового приводу, обґрунтуванню ефективності використання програмного комплексу *"SolidWorks"* для проектування, прогнозування поведінки та імітації руху багатомасової ланцюгової передачі при заданих умовах експлуатації на основі порівняння результатів комп'ютерних та натурних досліджень динаміки ланцюгових приводів в металевому, металополімерному і полімерному виконанні ланцюгових передач.

У **четвертому** розділі проведено післяпроектну порівняльну діагностику та аналіз ефективності використання методики проектування багатомасового ланцюгового приводу, результатів розрахунку та проектування багатомасової ланцюгової передачі, розробленого програмного продукту *"Расчёт n-массовой цепной передачи"* з використанням програмного комплексу *"SolidWorks"*. Розглянуто розрахунок та оптимальний підбір параметрів багатомасової ланцюгової передачі, використавши дані, що відповідають початковим експериментальним даним натурного та комп'ютерного досліджень, які розглянуті у 3-му розділі дисертації. На основі порівняння результатів післяпроектної діагностики побудованих варіантів ланцюгових приводів проаналізована ефективність використання розробленої інженерної методики проектування багатомасових ланцюгових передач та приводу в цілому.

В додатку до роботи наведені 3 акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зауваги

Не дивлячись на те, що дисертаційна робота має чітку практичну спрямованість і виконана на належному теоретичному рівні, до роботи є такі зауваги:

1. Назва дисертаційної роботи і предмет дослідження не корелюються.
2. У науковій новизні не відображена наукова цінність дисертації, хоча в п.п. 2.1, 2.3 викладені її теоретичні засади.

3. Перші два пункти "Практичне значення ..." повністю збігаються з науковою новизною.
 4. Неможливо прослідкувати правильність деяких аналітичних залежностей, оскільки вони подані у дуже лаконічній формі, ст.39-41.
 5. З роботи незрозуміло, що належить до параметрів оптимізації і що автор оптимізує, тобто що виступає в ролі функції мети.
 6. Наведена в роботі схема для визначення моменту тертя кочення (ст. 70) некоректна, оскільки при коченні реакція опори на тіло кочення не проходить крізь центр кола, а зміщена на величину коефіцієнта тертя кочення.
 7. В роботі прослідковуються не властиві позначення і позначення різних величин одноковими буквами. Сила позначена як P (ст. 40) і як потужність (ст. 70), хоча силу прийнято позначати F . Коефіцієнт тертя ковзання (ст. 40) і коефіцієнт тертя кочення (ст. 70) позначено однаково – f . Передавальне число u (ст. 40), шлях $u(t)$ (ст. 59) і зміна швидкості $\Delta \vec{u}$ (ст.69); передавальне число прийнято індексувати: u_{12} – передавальне число від першого вала до другого. Проникнення однієї геометрії тіла в іншу (ст. 68) і пришвидшення земного тяжіння позначені однаково – g .
 8. На рисунках, починаючи з рис. 2.32 мова йде про кінематичні характеристики ролика ланцюга. Що мається на увазі: осі ролика чи точки на його поверхні?
 9. Як пояснити надзвичайно великі величини пришвидшень ролика?
 10. Усі приклади розрахунків і проектування ланцюгових передач подані із застосуванням привідних ланцюгів лише з кроком 19,05 мм.
 11. Розрахунок та проектування багатомасової ланцюгової передачі розглядаються лише з застосуванням однорядних ланцюгів.
 12. Висновки до розділів і загальні висновки не завжди повністю відображають основні результати теоретичних та експериментальних досліджень.
 13. В дисертації зустрічаються описки, наприклад, (загасання – згасання) та стилістично не українські конструкції: зв'язки –в'язі (ст. 37), постійний – сталий (ст. 58), демпфірування – в'язке тертя (ст. 59), по Релею, результатах – за Релеєм, результатами (ст. 61,), в залежності – залежно від (ст. 71) та ін.
- Зроблені зауваження не мають принципового значення і не можуть впливати на загальну високу оцінку дисертаційної роботи в цілому.

Висновки

Дисертаційна робота Полюяна Анатолія Вікторовича "Параметричний синтез енергоощадного багатомасового ланцюгового приводу" є завершеною науково-дослідницькою роботою, в якій розглянуто проектування багатомасових ланцюгових приводів на базі сучасних комп'ютерних технологій і відповідає спеціальності 05.02.02 – машинознавство.

Виконані дисертантом дослідження теоретичного, експериментального та конструкторського характеру в обсязі визначеної спеціальності мають необхідну новизну і практичну цінність. Особливо слід відзначити розроблений програмний продукт "*Расчёт n-массовой цепной передачи*", який призначений для геометричного, міцнісного та оптимізаційного розрахунку багатомасових ланцюгових передач і перевірки їх працездатності при заданих параметрах і побудований за блоковим принципом проектування.

Зміст автореферату і основні положення дисертації ідентичні.

Основні результати дисертації опубліковані у відкритому друці і доповідались на міжнародних симпозіумах, конгресах, науково-технічних конференціях.

На основі викладеного вважаю, що за актуальністю, теоретичним і практичним значенням дисертація повністю відповідає вимогам ДАК України, а її автор **Полюян Анатолій Вікторович** заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

Офіційний опонент, професор кафедри

"Інженерна механіка"

Української академії друкарства

доктор технічних наук, професор

Підпис завіряю:

Проректор з НР



В.Р. Пасіка

В.З. Маїк