

ВІДГУК

офіційного опонента по дисертаційній роботі

ДІХТІЄВСЬКОГО Олександра Віталійовича

“ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС”,

представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.11.01 – “Прилади та методи вимірювання механічних величин”

1. Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота присвячена підвищенню точності та швидкодії вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс з евольвентним профілем шляхом удосконалення існуючих координатних засобів вимірювання та розробки, застосування теоретичних основ і принципів побудови приладової системи.

Актуальність теми дисертаційної роботи полягає в тому, що у більшості сучасних верстатів, машин та механізмів, що випускаються підприємствами машинобудування та приладобудування, використовують зубчасті передачі, які в конструктивному, технологічному і метрологічному відношенні є одними з найбільш складних елементів. Зростання вимог до точності та швидкодії вимірювання зубчастих коліс призводить до безперервного вдосконалення засобів і методів вимірювання.

Відхилення окремих параметрів зубчастого колеса впливають на їх функціональні можливості. Зубчасте колесо з правильним евольвентним профілем і точним кроком забезпечує передачу обертання з постійною кутовою швидкістю.

Впровадження цифрових систем управління дозволило безпосередньо застосувати результати вимірювання зубчастих коліс для підвищення якості. Для верстатів з числовим програмним керуванням досить ввести в коректори значення похибки обробленої деталі і при обробці наступної деталі похибки вже будуть компенсовані. Таким чином, отримані в результаті вимірювання зубчастого вінця значення відхилень застосовуються для коригування налагодження верстата. Метою

цього коригування може бути не тільки підвищення якості обробленого вінця, а й оптимізація параметрів зубчастого зачеплення.

Тому розробка і реалізація методів та засобів підвищення точності та швидкодії вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс на базі розробленої приладової системи вимірювання є актуальною науково-технічною задачею, що потребує свого вирішення.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до наукового напрямку кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій, відповідно до закону України № 3715-VI «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні», зокрема «Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки», а також пов'язана з держбюджетною тематикою Міністерства освіти і науки України в науково-дослідній роботі № 125-ДБ17 «Методологія побудови сучасних дистанційних інформаційно-вимірювальних систем» (номер держреєстрації 0117U002367), де автор був виконавцем (розділи 2.4, 3.2).

3. Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність та наукова значимість. Основний зміст дисертації викладено у 14 наукових працях (8 статей у наукових фахових виданнях України, з них 1 включена до міжнародних наукометричних баз, 6 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій різного рівня).

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є коректними, всебічно обґрунтованими та висвітленими у повній мірі, характеризуються новизною і мають науково-теоретичну та практичну цінність, а також узгоджуються із загальноприйнятими і не змінюють фізичної сутності об'єктів і процесів, що розглядаються.

Сформульовані мета, завдання, предмет, об'єкт дослідження та наукові положення, які формують наукову новизну дисертаційної роботи, відповідають змісту теми дослідження.

Обґрунтованість та достовірність отриманих здобувачем результатів підтверджується збіжністю результатів експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання.

Загальні висновки є достовірними і підтверджують отримані в роботі результати.

4. Оцінка наукової новизни дисертаційної роботи. Основні дослідження, що виконані автором, є за своєю сутністю новими та перспективними. Зокрема, наукова новизна отриманих Діхтієвським О.В. результатів полягає у наступному:

– *вперше* запропоновано вдосконалений координатний метод вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс, застосовуючи моделювання евольвенти колеса на базі замкнутих векторних контурів, що дозволяє зменшити процес обробки інформації та описати евольвенту з більш високою точністю. У результаті точність визначення координат евольвенти підвищується в (1,5...2) рази у залежності від діаметра шестерні;

– *вперше* отримано математичну модель визначення ймовірності аномальних відхилень геометричних параметрів зубчастого колеса за допомогою тренда поверхні, яка на відміну від відомих моделей, дозволяє забезпечувати компенсацію похибок вимірювання геометричних параметрів евольвенти та дає можливість підвищення точності та швидкодії приладової системи у 2,5 рази (похибка вимірювання становить $(4 \div 6)$ мкм.) для зубчастих коліс з модулем $m=(0,8 \div 2,5)$);

– *розроблено* принципи побудови приладової системи для вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс з евольвентним профілем шляхом їх візуалізації та алгоритмічної компенсації похибок вимірювання за допомогою індикаторної цифрової вимірювальної головки. Реалізація цих принципів у приладовій системі забезпечує її підвищені швидкодію та точність у 2,5 рази, а також розширення функціональних можливостей порівняно з існуючими засобами вимірювання;

– *дістали* подальший розвиток теоретичні основи розробки нової приладової системи для вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс, у тому числі метод опису кривої евольвенти колеса на базі триангуляції багатозв'язних областей з вимірювальною інформацією про геометричні параметри, що отримані шляхом алгоритмічної обробки. Це дає можливість встановлювати оптимальне настроювання вимірювального каналу в умовах дії дестабілізуючих факторів.

У результаті експериментально доведено, що запропонований вдосконалений метод дозволяє підвищити точність та швидкодію (у 2,5 рази) вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс порівняно із відомими.

5. Значення результатів для науки і практики полягає у науковій обґрунтованості та прикладній спрямованості положень, підходів і рекомендацій, викладених у роботі, використання яких дозволяє підвищити точність та швидкодію вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс.

Практична цінність роботи полягає у розробці методики підвищення достовірності вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс, що дозволяють підвищити точність та швидкодію координатних вимірювань; подальший розвиток отримав метод вимірювання зубчастих коліс на приладовій системі з використанням координатного методу вимірювання, що дає можливість підвищити точність та швидкодію вимірювання на (8...10)% у залежності від модуля та ділильного діаметра.

Доведено доцільність побудови приладової системи з покращеними метрологічними характеристиками на основі існуючих засобів вимірювання; підвищено точність та швидкодію вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс з евольвентним профілем з використанням приладової системи, а саме: довжини загальної нормалі, радіального биття, профілю зуба та ін., розширено її функціональні можливості (реєстрації, аналізу та зберігання даних).

6. Повнота висвітлення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. За темою дисертаційної роботи опубліковано 14 друкованих праць, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них 1, що входять до

міжнародних наукометричних баз), 6 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

7. Оцінка змісту і оформлення роботи, її відповідність спеціальності.

Дисертація є завершеною науковою роботою, яка за своїм науковим рівнем, змістом та оформленням повністю відповідає всім вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук.

Обрана тема дисертації і зміст роботи відповідають паспорту спеціальності 05.11.01 – “Прилади та методи вимірювання механічних величин”.

Зміст і сутність виконаних досліджень відтворені у назві дисертації та 14 публікаціях.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та чотирьох додатків. Всі розділи дисертаційної роботи мають логічний зв'язок, щодо вирішення поставленої наукової задачі, написані грамотно, на високому рівні, при цьому забезпечується доступність їх сприйняття. В роботі застосовується загальноновизнана наукова термінологія.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, мету, завдання, сформульовану наукову новизну, практичне значення отриманих результатів. Показано зв'язок з науковими програмами, планами, темами, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів досліджень.

Перший розділ присвячений аналітичному огляду методів та способів вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс, проведена класифікація засобів контролю параметрів зубчастих коліс та приладів для їх контролю, а також якісний аналіз дестабілізуючих факторів на процес проведення вимірювання параметрів зубчастих коліс розглянутими методами. Автором доведено, що наукова задача, яка розв'язується в дисертації, є актуальною для різних галузей промисловості, де на практиці використовуються засоби та методи для вимірювання параметрів зубчастих коліс.

Другий розділ присвячений розгляду теоретичних засад методів вимірювання параметрів зубчастих коліс та аналізу способів підвищення їх точності.

Пропонований автором вдосконалений метод координатних вимірювань включає в себе стратегію вимірювання та розрахункову модель, яка математично описує взаємозв'язок координат вимірюваних точок з обумовленими параметрами евольвенти, дозволяє підвищити точність та швидкодію вимірювання.

Представлений автором метод математичного векторного моделювання зубчастих коліс та математичний опис кривої евольвенти зубчастого колеса методом триангуляції багатозв'язних областей дає змогу дослідити процес вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс. Зокрема, автором вдало застосована методика підвищення достовірності вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс. Проведений розрахунок допусків методом розмірного аналізу з врахуванням експлуатаційної похибки.

Третій розділ присвячений синтезу аномальних відхилень та методів вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс від форми та розташування поверхні. Автором досліджено ефективність способу виявлення аномальних значень для стаціонарних випадкових процесів. Також в даному розділі автором виконано опис евольвенти зубчастого колеса за допомогою тренда та порівняльний аналіз ефективності процесів при визначенні ймовірності аномальних значень під час вимірювання геометричних параметрів зубчастого колеса. Представлена класифікація методів оцінки аномальних відхилень під час вимірювання шестерні. Автор провів синтез цифрового методу вимірювання геометричних параметрів шестерні.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень вимірювання поверхні евольвенти зубчастого колеса, а саме довжини загальної нормалі, відхилення кроку, профілю зуба, радіального биття зубчастого вінця та ін., на розробленій приладовій системі. Автором представлено принципи побудови приладової системи, методи апроксимації та алгоритмічної обробки інформації, що забезпечують підвищення швидкодії та точності, розширення функціональних можливостей приладової системи. Виконано конструктивний та аналітичний опис всіх основних складових експериментальної установки та встановлені метрологічні характеристики, проведена метрологічна атестація вимірювального каналу. Автор

вдало довів ефективність застосування розробленої приладової системи для вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс.

У загальних висновках наводяться результати за всією роботою загалом, вказується значення досягнутих результатів.

В додатках акти впровадження результатів роботи, а також таблиці та графіки.

Таким чином, представлена дисертація є завершеною науковою роботою та повністю відповідає всім вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук.

8. Відповідність змісту автореферату та основних положень дисертації

Автореферат є ідентичним основним положенням дисертації, його зміст відповідає змісту дисертації. Достатньо повно розкриває сутність задач дослідження, висвітлює наукові положення, пропозиції та висновки, що сформульовані і викладені у дисертаційній роботі. Опубліковані праці повністю відображають результати дослідження.

9. Зауваження до змісту дисертаційної роботи

Поряд з наведеними вище позитивними якостями дисертаційної роботи, що рецензується, вважаю за необхідне зробити наступні зауваження:

1. В роботі не достатньо розглядаються існуючі на сьогодні методи визначення похибки вимірювання евольвенти зубчастого колеса.

2. В розділі 2 автор розробляє інформаційно-вимірювальний комплекс по контролю зубчастого колеса. Бажано було б провести методичку метрологічної атестації цього комплексу.

3. В роботі бажано подати інформацію про вимірювання радіуса кола впадин зубчастого колеса, а також провести розрахунки поверхні евольвенти для різного діаметра зубчастого колеса при зміні температури в приміщенні.

4. Із роботи не зовсім зрозуміло як буде побудовано тривимірне зображення зубчастого колеса.

5. Мають місце граматичні помилки: на стор.74 замість «...оголошуємо елементом...» краще було б «...приймаємо...». На стор.74 перший абзац знизу замість «...полегшення існуючих систем...» необхідно було б написати

«...зменшення...».

6. В розділі 3 автор приводить метод змінного середнього. Його, на мою думку, необхідно було б перенести в розділ 2, а в цьому розділі представити приклад результату вимірювання шестерні.

Наведені вище зауваження кардинально не знижують якості наукових досліджень та не впливають на головні теоретичні та практичні результати роботи.

10. Заключна оцінка дисертаційної роботи. На підставі викладеного вище вважаю, що дисертаційна робота Діхтієвського Олександра Віталійовича “Підвищення точності вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс” є завершеною науковою працею, яка за своєю науковою новизною, практичною цінністю, об’ємом публікації відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук відповідно до пунктів 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 № 567, а також паспорту спеціальності 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин, а її автор, Діхтієвський Олександр Віталійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин.

Офіційний опонент,

Заслужений діяч науки і техніки України,

лауреат Державної премії в галузі науки і техніки України,

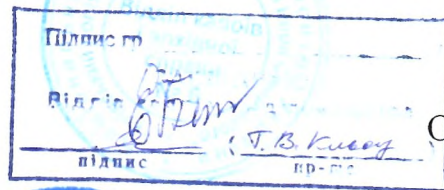
професор кафедри приладобудування

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»,

доктор технічних наук, професор



О.М. Безвесільна

Підпис Безвесільної О.М. ЗАСВІДЧУЮ:

Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського



Мельниченко А.А.