

## ВІДГУК

офіційного опонента, д. т. н., доц. **Васильєвої Олени Едуардівни**,  
ЛДУ БЖД на дисертаційну роботу Бориса Андрія Орестовича на  
“**Покращення ефективності механічних приводів**  
**застосуванням кулькових обгінно-запобіжних муфт**” подану на  
здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота присвячена актуальному питанню покращенню конструктивних, силових характеристик, а також забезпеченню безперебійної експлуатації механічних приводів. Це дає змогу підвищити термін їх функціонування, покращити технологію їх виготовлення, спростити процес експлуатації за призначенням тощо.

В роботі розроблено нові конструкції кулькових обгінно-запобіжних муфт, що є важливими елементами кінематичного ланцюга та істотно зменшують ризик виникнення негативних наслідків при дії динамічних навантажень у механічному приводі.

Тема дисертаційних досліджень спрямована на вирішення проблеми з удосконалення конструктивних та силових параметрів є *актуальною*, а отримані результати можуть застосуватися у механічних приводах різноманітних машин, механізмів, приладів для підвищення ефективності та надійності їх роботи. Актуальність теми дисертації підтверджується відповідністю її до державних науково-технічних програм з пріоритетних напрямків розвитку науки та техніки України.

**Зв'язок роботи з пріоритетними науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до основного наукового напрямку кафедри технічної механіки та динаміки машин Національного університету „Львівська політехніка” - „Навантажувальна здатність та динаміка машин і споруд циклічної дії“, госп. договірної теми „Комп'ютерні та експериментальні дослідження експлуатаційних характеристик опорно-поворотного пристрою (ОПП) автомобільних кранів”. Тема також пов'язана з державними програмами: „Підвищення надійності та довговічності машин та конструкцій” (Програма Кабінету Міністрів „Україна-2010”); „Наука в

університетах” на 2008-2017 рр. (Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2007 р. № 1155), а також відповідно до науково-технічної програми „Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування, що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2001 р. №1716, Інд.28.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи** полягає в тому, що вони формуються на застосуванні положень теорії надійності, класичної механіки пружно-деформованого твердого тіла, опору матеріалів, деталей машин тощо. Наукові дослідження виконувались комплексно. Вони включають в себе теоретичну і експериментальну частини, а також враховують характер і умови роботи кінематичних ланцюгів механічних приводів машин з обгінними муфтами. Теоретичні дослідження проводились на основі механіко-математичного моделювання процесів функціонування нових муфт з використанням класичних положень теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії механізмів і машин та деталей машин з розробленням математичних моделей і алгоритмів розрахунків на комп'ютері. Для проведення експериментальних досліджень було спроектовано та виготовлено дослідну установку із застосуванням розробленої кулькової обгінно-запобіжної муфти і проведено експерименти у лабораторних умовах на кафедрі „Технічна механіка та динаміка машин” Національного університету „Львівська політехніка”.

**Наукова новизна результатів** полягає у вирішенні важливої науково-прикладної задачі – покращення ефективності механічних приводів із застосуванням нових обгінно-запобіжних муфт. В роботі отримано такі основні результати:

- запропоновано математичні моделі для проведення теоретичного та кількісного аналізу кінематичних, силових параметрів та розрахунків міцності нових кулькових обгінних муфт радіальної дії;
- удосконалено математичну модель процесу передавання обертального моменту кульковою обгінно-запобіжною муфтою з урахуванням нерівномірностей руху кінематичного ланцюга приводів машин;



- запропоновано принцип уточненої класифікації обгінних муфт з урахуванням конструктивних особливостей запатентованих кулькових обгінно-запобіжних муфт з пружними елементами;
- теоретично та експериментально доведено ефективність покращення роботи кінематичних ланцюгів механічних приводів, які оснащені кульковими обгінно-запобіжними муфтами.

**Практичне значення отриманих результатів.** На підставі аналітичних виразів з визначення кінематичних та силових характеристик нових муфт запропоновано інженерні можливості покращення функціонування кінематичних ланцюгів, у яких має місце коливання в результаті різкої зміни навантажень. Теоретично та експериментально доведено, що застосування запропонованих муфт дає можливість передавати енергію двигуна лише в одному напрямі і здійснювати надійний захист елементів привода від дії динамічних навантажень шляхом роз'єднання валів механізму в той час, коли обертальний момент у механічному приводі зростає до критичних значень.

**Публікації та оприлюднення результатів.** Основні положення та результати теоретичних і експериментальних досліджень сформульовано та опубліковано в 13 друкованих працях, з них: 6 статей у фахових науково-періодичних виданнях України; 1 стаття у виданні, що входить до науково-метричних баз; 1 стаття у науковому виданні іншої держави; з них 2 статті англійською мовою; 3 тези доповідей та матеріалів всеукраїнських конференцій та міжнародного симпозіуму; 2 патенти України на корисну модель. В опублікованих працях в достатній мірі висвітлені наукові положення, основні висновки і рекомендації дисертаційної роботи. Результати дисертації були представлені на міжнародних конференціях та семінарах, це підтверджує ознайомлення з ними широкої наукової аудиторії.

**Відповідність автореферату основним положенням дисертації.** Автореферат дисертаційної роботи у стислій формі відображає основний її зміст, наукові положення та результати. Висновки дисертації та автореферату повністю ідентичні.

**Оцінка структури, обсягу та змісту роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій та 7 додатків, містить 11 таблиць, 54 рисунки. Загальний обсяг роботи складає 170 сторінок, має список використаних джерел із 152 найменувань та 7 додатків.

Дисертаційна робота написана державною мовою. Текст дисертації викладений чітко та в логічній послідовності. Матеріал дисертаційної роботи достатньо проілюстрований схемами, графіками, рисунками і таблицями. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідають вимогам, що ставляться до кваліфікаційних наукових праць. Висновки і рекомендації у дисертаційній роботі випливають з проведених досліджень та відображають основні результати виконаної роботи.

У вступі наведена актуальність наукових досліджень, проаналізовано її зв'язок з науковими програмами та темами, висвітлено мету і задачі досліджень. Також сформульовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про публікації та апробацію результатів, що висвітлюють основний зміст дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено порівняльний аналіз конструктивних особливостей та розрахунків відомих роликівих і кулькових муфт механічних приводів машин. Було встановлено, що вони мають характерні недоліки, які стримують технічний розвиток механічних приводів різних галузей машинобудування. Роликові муфти схильні до проковзування особливо під час неусталених режимів роботи, а відомі кулькові, що передають обертальний момент за рахунок зачеплення, не можуть запобігати дії перевантажень у елементах механічних приводів, що може призвести до руйнувань основних елементів кінематичного ланцюга. Встановлено, що роликові обгінні муфти вимагають підвищеної точності виготовлення і складання внаслідок жорстких вимог до паралельності поверхонь доторкання елементів та до циліндричності самих роликів.

Тому в дисертаційній роботі здобувачем було запропоновано принципово нові кулькові обгінні муфти. Вони у деякій мірі позбавлені вищезгаданих недоліків



завдяки тому, що передають рух не за рахунок сил тертя, а зачепленням кульок з криволінійними пазами напівмуфт та є базовими для нових розробок. Аналіз сучасного стану посприяв формулюванню мети і задач для подальших досліджень з покращення ефективності механічних приводів застосуванням кулькових обгінно-запобіжних муфт.

**У другому розділі** було здійснено вибір основних критеріїв синтезу нової кулькової обгінної муфти багато швидкісної задньої втулки серійного велосипеда, і як результат - отримано патент України на корисну модель. Проведено аналіз основних кінематичних та часових характеристик муфт осьової дії при номінальних режимах навантаження кінематичних ланцюгів механічних приводів. Залежність часу вмикання муфти від основних її параметрів описано аналітичними виразами та наведено графічними залежностями.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень підтверджена необхідність покращення технічних характеристик кулькових обгінних муфт збільшенням їх експлуатаційних функцій.

**У третьому розділі** обґрунтовано основні параметри кулькових обгінно-запобіжних муфт. Розроблено принципи синтезу нових конструкцій муфт, за якими спроектовано дві муфти та отримано патенти України на корисну модель. Також проведено якісний і кількісний аналіз нових кулькових обгінно-запобіжних муфт та отримано теоретичні залежності для визначення геометричних, кінематико-силових параметрів, що забезпечують покращення ефективності роботи механічних приводів, що оснащені обгінними муфтами. Запропоновано математичні моделі та умови запобігання перевантажень у кінематичних ланцюгах механічних приводів з такими муфтами, що дозволило отримати залежність для визначення величини моменту від параметрів пружин.

Дисертантом було проаналізовано залежність максимального обертального моменту від діаметру дроту пружин, діаметру самої пружини та величини її осьової деформації тощо. Здобувачем розроблено математичні моделі умов надійного запобігання механічних ланцюгів від перевантажень у вигляді систем диференціальних рівнянь другого роду з урахуванням дії зовнішніх зусиль та внутрішніх: власної ваги кульок, їх сил інерції, сил пружності пружин тощо.

Отримані аналітичні вирази мають наукову новизну і практичне значення, а також дають можливість визначити параметри муфти у широкому діапазоні та уможливають для наперед відомого перевантаження здійснити вибір оптимальних геометричних та жорсткісних параметрів запобіжної частини кулькової обгінно-запобіжної муфти для надійного розмикання кінематичного ланцюга під час дії динамічних навантажень.

У четвертому розділі здобувачем розроблено принципову кінематичну схему та конструкцію лабораторної установки механічного привода, наведено алгоритм та методику проведення експериментальних досліджень, спроектовано та виготовлено муфту. Крім цього муфту вмонтовано в дослідну установку для проведення експериментальних досліджень працездатності виготовленої кулькової обгінно-запобіжної муфти.

Експериментальні дослідження проводилися для діапазону зусиль притискання кульок запобіжної частини муфти  $F_{\alpha 1} = 1 \dots 10 \text{ Н}$  з кроком  $1 \text{ Н}$ . Для визначення величин навантажень застосовано динамометричний ключ Ваhco TAWM1430, за допомогою якого здійснювалися вимірювання показників з точністю  $0,01 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ .

Дисертантом виконано серію із 20-ти досліджень для кожного значення зусилля стискання регульовальної пружини (зусилля притискання кульок), побудовано відповідні графічні залежності отриманих результатів та визначено середнє значення номінального моменту спрацювання муфти для кожного з дослідів. Отримані результати мають практичне значення та були впроваджені у виробництво та навчальний процес.

Для практичного використання новоствореної муфти запропоновано методику вибору значення обертального моменту в залежності від основних конструктивних параметрів, експлуатаційних характеристик та величини максимально допустимого обертального моменту, при якому відбувається розмикання муфтою кінематичного ланцюга та запобігання дії перевантажень елементів приводів, що істотно підвищує ефективність роботи механічного привода.



**Висновки** дисертаційної роботи відображають результати проведених досліджень, є своєрідною рекомендацією для подальших наукових робіт по удосконаленню пристроїв даного типу та практичних розрахунків і конструювання елементів кулькових обгінних та обгінно-запобіжних муфт, що сприяють стабільній експлуатації механічних приводів без дії перевантажень. Усі пункти висновків логічно випливають із результатів проведених автором досліджень у дисертаційній роботі.

#### **Зауваження**

1. У Розділі 1 дисертації зроблено занадто широкий огляд відомих муфт, особливо роликкових, що значно збільшує обсяг даного розділу.

2. У Розділі 3 запропоновано та запатентовано обгінно-запобіжні муфти, ведені напівмуфти яких складаються з декількох деталей. Вважаю, це значно ускладнило процес проектування, конструювання та виготовлення муфти.

3. На рис. 9 нечітко зображено епюри змінних напружень змінання контактуючих деталей, що знижує візуалізацію характеру їх навантаженості.

4. Бажано було б детальніше описати проведення експериментальних досліджень. Наприклад, з якою метою було проведено безліч дослідів для встановлення факту виконання запобіжних функцій новою муфтою? На цьому варто було акцентувати увагу.

5. Для чого детально описувати наприкінці Розділу 2, що буде розглядатися у наступному Розділі 3?

6. Дисертаційна робота та автореферат не вільні від граматичних, орфографічних та стилістичних помилок та неточностей.

Відмічені недоліки не зменшують наукової та практичної цінності дисертації та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи в цілому. За обсягом і змістом дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України.

#### **Загальний висновок**

Аналіз, проведений після ретельного ознайомлення з дисертаційною роботою "Покращення ефективності механічних приводів застосуванням кулькових обгінно-запобіжних муфт" дав можливість сформулювати висновок про те, що вона є актуальним науковим та завершеним результатом проведеного дослідження.

Наукова новизна та практична цінність полягають у підвищенні ефективності роботи механічного привода за допомогою застосування обгінно-запобіжних муфт, що має важливе значення для машинобудування.

Дисертація цілком відповідає паспорту спеціальності 05.02.02 – машинознавство. Основні результати дисертації в достатній мірі опубліковані у фахових науково-періодичних виданнях України та виданнях, що входять до науково - метричних баз. Зміст автореферату у повній мірі відображає наукові положення та результати дисертаційної роботи в стислій формі.

Отже дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 10 та 12 «Про порядок присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Борис Андрій Орестович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, доцент  
кафедри прикладної математики та  
механіки, Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності



О.Е. Васильєва

Підпис д.т.н. Васильєвої О.Е. засвідчую.  
Вчений секретар, к.і.н., доцент



Р.В. Лаврецький