

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.332

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.128-138](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.128-138)**Ів.Б. Гевко**, проф., д-р техн. наук, **В.З. Гудь**, проф., д-р техн. наук,**М.Г. Левкович**, доц., канд. техн. наук, **М.Д. Сіправська**, асист.*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна**e-mail: gupkab@gmail.com*

Дослідження захисних елементів технологічного устаткування та обладнання на автотранспортних підприємствах

Забезпечення надійності та безпеки при використанні обладнання є важливою задачею при проектуванні та виготовленні даного устаткування. Захисні елементи якими обладнано технологічне устаткування для ремонту на автотранспортних підприємствах є важливою запорукою показників надійності використання та довговічності такого обладнання. Саме такими елементами в даній статті є захисні муфти, які широко використовуються в устаткуванні. В даній статті проведено огляд використання та описано принцип роботи та конструкцію захисних муфт з підвищеними показниками надійності та точності спрацювання.

захисні елементи, муфти, автотранспортне підприємство, ремонт, надійність

Постановка проблеми У сучасному світі, де автомобільний транспорт є невід'ємною частиною повсякденного життя, забезпечення безпечної експлуатації автомобілів та іншого транспортного устаткування стає надзвичайно важливим завданням. Надійна робота автомобільного транспорту забезпечується постійним його обслуговуванням, технічним оглядом та ремонтом. Для цього автотранспортними підприємствами широко використовуються різноманітні засоби обслуговування та ремонту, які реалізуються з використанням технологічного обладнання та устаткування, невід'ємною частиною якого є запобіжні муфти, що є ефективним засобом запобігання непередбачуваних аварій та надійної роботи устаткування. Місце використання запобіжних муфт в обладнанні авторемонтних підприємств є досить широким. Вони використовуються у стапельному обладнанні при рихтуванні кузовів автомобілів, в обладнанні для випробування окремих елементів і механізмів автомобілів, у металообробному обладнанні, при ремонті та відновленні деталей автомобілів тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню діагностики і прогнозуванню технічного стану транспортних засобів посвячено цілий ряд досліджень та рекомендацій вчених: Авдонькін Ф.Н., Біліченко В.В., Говорущенко Н.Я., Горбик Ю.В., Дунаєв А. П., Канарчук В. Є., Крещенецький В.Л., Кузнецов Е.С., Кукурудзяк Ю.Ю., Лудченко О.А., Мاستикаш О.Л., Мирошников Л.В., Оліскевич М.С., Сапон Н.С., Формальчик Є.Ю., Цимбал С.В., Коваленко В. М., Ловейкін В.С. [8-12, 17, 22] та інші. Також підвищення надійності та довговічності технологічного обладнання висвітлена в працях Ауліна В.В., Ляшука О.Л. [1, 18].

Питання дослідження динамічних процесів, які виникають при експлуатації обладнання та машин, висвітлено в працях Комарова М.С. [10], Ловейкіна В.С. [11] та інших. Кінетостатичному та динамічному дослідженню запобіжних муфт приводів машин і механізмів, їх синтезу та конструюванню присвячені праці Полякова В.С., Ряховського О.А., Барбаша І.Д. [19], Тепинкичєва В.К. [21], Малащенко В.С. [15], Гевка Б.М. [20], Нагорняка С.Г. [17], Луціва І.В. [13, 14, 16, 20, 23], Кіндрацького Б.І. [9], Гевка Р.Б. [6] та багатьох інших [2-5]. Даними авторами були розроблені та досліджені різні типи запобіжних муфт різноманітного функціонального призначення.

Надійна робота парку автомобільного транспорту забезпечується його ефективним обслуговуванням, технічним оглядом та ремонтом. Для цього автотранспортні підприємства оснащуються різноманітним технологічним спеціальним устаткуванням та обладнанням, які оснащені запобіжними муфтами, оскільки вони забезпечують захист їх від поломок і безпосередньо впливають на безпеку роботи працівників автотранспортних підприємств.

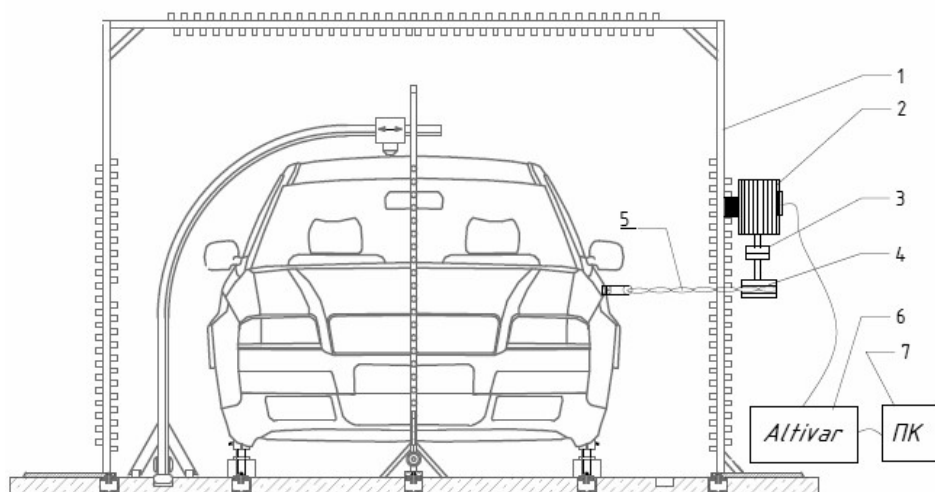
Запобіжні муфти – це пристрої, які встановлюються на різних частинах устаткування для запобігання аварійних ситуацій, таких як перевантаження, злам чи аварійний режим роботи. Вони призначені для блокування або відключення устаткування у випадку надмірного навантаження або несправностей, що дозволяє уникнути пошкодження обладнання, зберегти життя працівників та запобігти негативним наслідкам для автотранспортного підприємства. Некоректне використання запобіжних муфт може призвести до негативних наслідків, включаючи аварії, зупинки виробництва, втрати продуктивності та фінансові збитки.

Відтак розроблення і дослідження ефективних елементів захисту технологічного спеціального устаткування та обладнання автотранспортних підприємств із врахуванням їх функціональної придатності і надійної роботи є актуальним і важливим питанням.

Постановка завдання. Метою даної роботи є покращення ефективності і надійності роботи технологічного устаткування та обладнання автотранспортних підприємств за рахунок розроблення і дослідження захисних елементів.

Виклад основного матеріалу. Використання елементів захисту є доцільним і часто необхідним у технологічно - дослідному устаткуванні і обладнанні, яке використовується для ремонту і дослідження елементів автотранспортних засобів, оскільки вони забезпечують захист їх від поломок і безпосередньо впливають на безпеку роботи працівників автотранспортних підприємств. Місця використання таких захисних елементів є досить широкими, зокрема вони можуть бути використані у стапельному обладнанні при рихтуванні кузовів автомобілів (рис. 1), де необхідне прикладання значних зусиль для вирівнювання пошкоджених несучих частини кузова із значною жорсткістю елементів, у різноманітному технологічному обладнанні (рис. 2, рис. 3), для випробування окремих елементів і механізмів автомобілів, у металообробному обладнанні, при ремонті деталей автомобілів та іншому обладнанні. Для використання в такому устаткуванні муфти захисного типу повинні володіти високими показниками надійності і точності спрацювання.

Зокрема в конструкції стапеля для рихтування кузова автомобіля (рис. 1) для запобігання обриву ланцюга 5 при витягуванні деталей кузова автомобіля, використовується запобіжна муфта 3, яка запобігає передачі критичного навантаження на ланцюг і його розриву, що може призвести до травмування робітників і пошкодження деталей кузова автомобіля. При цьому керування навантаженням відбувається за допомогою перетворювача частоти (Altivar) 6, який, в свою чергу, керується з персонального комп'ютера 7.

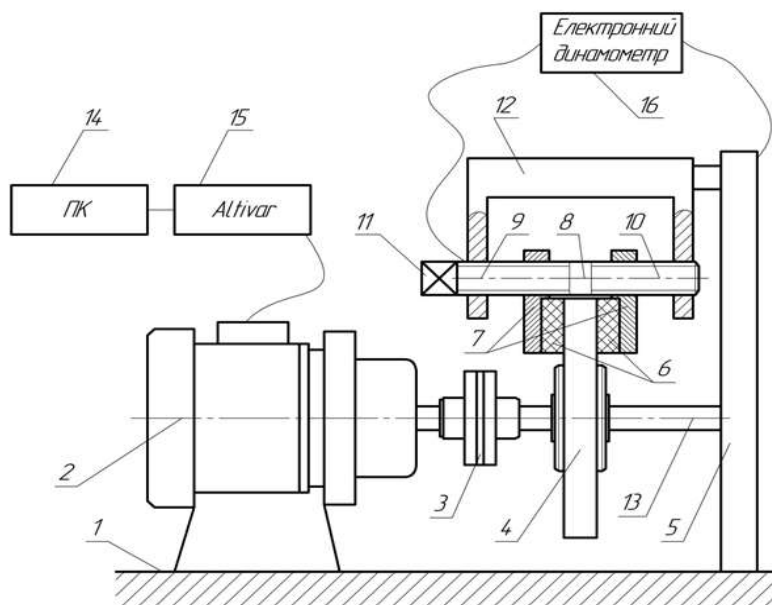


1 – кронштейн стапеля; 2 – електродвигун; 3 – запобіжна муфта; 4 – барабан; 5 – ланцюг;
6 - перетворювач частоти (Altivar); 7 – персональний комп'ютер

Рисунок 1 – Стапель для рихтування кузова автомобіля

Джерело: розроблено авторами

У експериментальному обладнанні (рис. 2) для дослідження характеристик гальмівних дисків запобіжна муфта 3 використовується для обмеження обертального моменту у випадку зупинки при злипанні досліджуваного гальмівного диска автомобіля 4 з фрикційними гальмівними елементами 6.

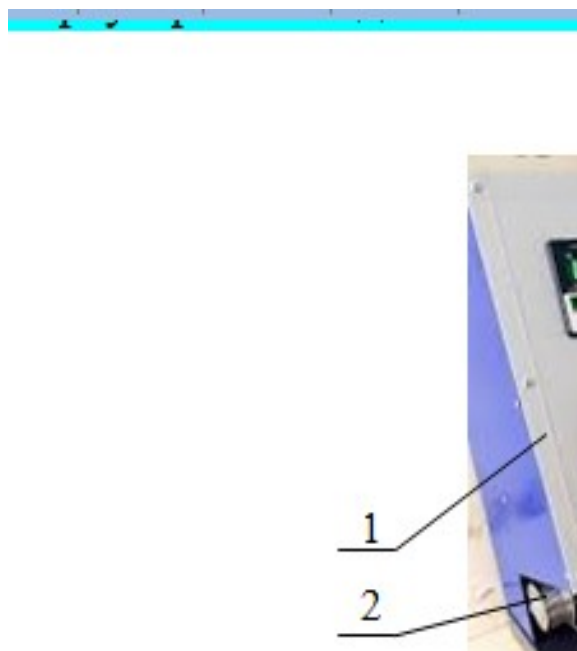


1 – опора; 2 – привід; 3 - запобіжна муфта; 4 - гальмівний диск автомобіля; 5 – рама;
6 – фрикційні гальмівні елементи; 7 – щоки; 8 – гвинт; 9 і 10 - різносторонні різі; 11 – багатогранник;
12 - навантажувальний механізм; 13 - кріпильні елементи; 14 - персональний комп'ютер;
15 - перетворювач частоти (Altivar)

Рисунок 2 – Стенд для дослідження характеристик гальмівних дисків автомобілів з використанням запобіжної муфти (пат України № 150772)

Джерело: розроблено авторами

Також використання муфт є доцільним у дорогому обладнанні, такому як стенд для дослідження генераторів і стартерів. Оскільки процес випробувань може супроводжуватись заклинюванням даних механізмів і призводити до поломок самого стенда (рис. 3).



1 – стенд; 2 – запобіжна муфта; 3 – пасова передача; 4 – генератор

Рисунок 3 – Стенд для дослідження генераторів і стартерів автомобілів

Джерело: розроблено авторами

Відтак з метою забезпечення надійного захисту технологічного устаткування та обладнання автотранспортних підприємств від перевантажень запропоновано конструкцію фрикційної запобіжної муфти з підвищеними показниками точності спрацювання і надійності (рис. 4) [5, 7].

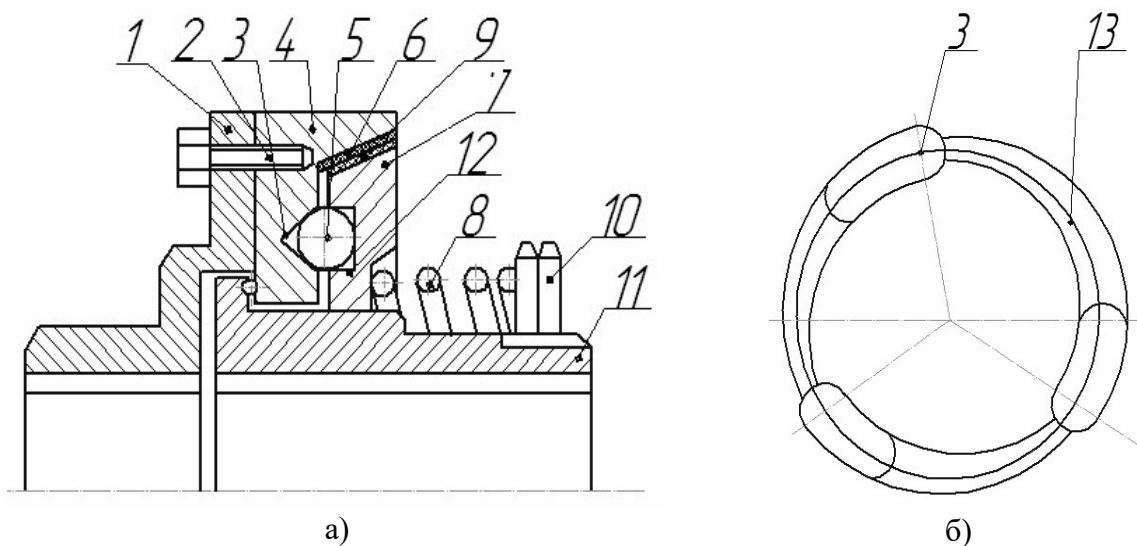


Рисунок 4 – Конструктивна схема фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності:
а) загальний вигляд; б) конструкція пазів;

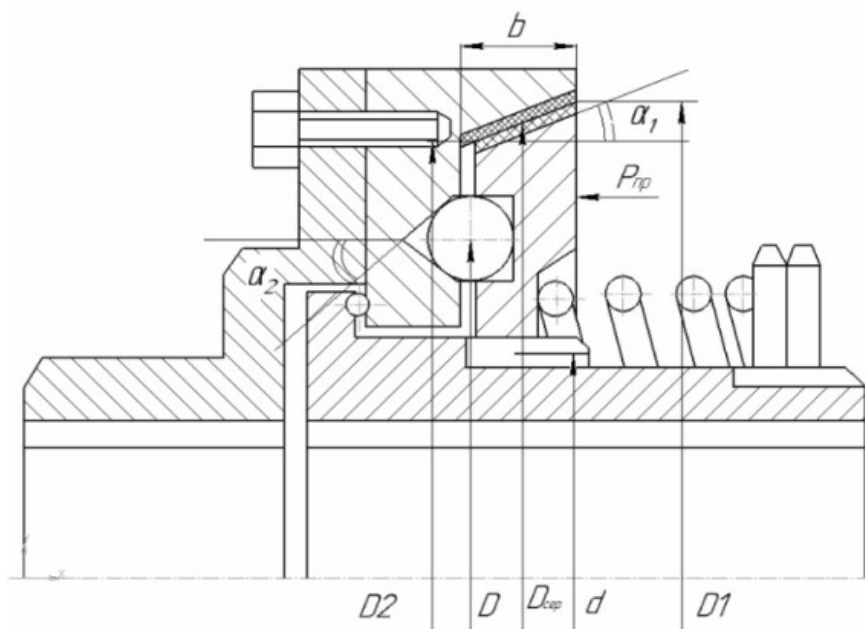
1 і 11 – ведена та ведуча півмуфти; 2 – болтове з'єднання; 3 і 13 – пази більшої та меншої глибини; 4 і 7 – диски; 5 – кульки; 6, 9 – фрикційні накладки; 8 – пружина стиснення; 10 – гайки регулювання стиснення пружини; 12 – гнізда для розташування кульок

Джерело: розроблено авторами

Робота запропонованої запобіжної муфти здійснюється наступним чином. У робочому режимі передача обертального моменту з ведучої півмуфти 11 на ведену півмуфту 1 здійснюється лише за рахунок сили тертя у фрикційних накладках 6 і 9, які встановлені на дисках 7 і 4, а кульки 5 без притиснення розташовуються в гніздах 12 і пазах більшої глибини 3. Величина притиску фрикційних накладок 6 до накладок 9 регулюється затиском гайками 10 пружини стиснення 8.

При виникненні перевантаження ведена півмуфта 1 з диском 4 і фрикційними накладками 6 зупиняється і відбувається повертання ведучої півмуфти 11 з дисками 7 та фрикційними накладками 9 відносно неї. Це спричиняє перекочування кульок 5 з пазів більшої глибини 3 до пазів меншої глибини 13 і поступового осьового зміщення диска 7 по шліцах півмуфти 11, що забезпечує більше стискання пружини 8 та розмикання фрикційних накладок 6 і 9 та подальшу передачу обертального моменту лише через кульки 5 аж до їх потрапляння в пази більшої глибини 3. Далі обертальний момент з ведучої 11 на ведену 1 півмуфти передається за рахунок сили тертя у фрикційних накладках 6 і 9. Відтак муфта працюватиме в режимі періодично повторюваного змикання-розмикання півмуфт аж до повного зникнення перевантаження. Включення в процес буксування додаткових елементів зачеплення «кулька-паз» дозволяє отримати високу точність передачі обертального моменту за рахунок періодичного розмикання і охолодження фрикційних накладок та підтримки стабільного коефіцієнту тертя і значно зменшити динамічні навантаження на елементи технологічного устаткування та обладнання при спрацюванні муфти.

Специфікою розробленої муфти є передача максимального обертального моменту через фрикційні накладки в робочому режимі та мінімального, через елементи зачеплення «кулька-паз», в процесі пробуксовування. Розрахункову схему розробленої фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності представлено на рис. 5 [5, 7].



$P_{пр}$, - сила затиску пружини; b - ширина накладок; α_1 - кут нахилу поверхні тертя; α_2 - кут нахилу колових пазів; d - діаметр шліцевого з'єднання; D - діаметр розташування елементів зачеплення «кулька-паз»;
 $D_{ср}$, $D1$, $D2$ - відповідно середній, менший та більший діаметри поверхні тертя ($D_{ср} = (D1 + D2)/2$)

Рисунок 5 – Розрахункова схема фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності
 Джерело: розроблено авторами

Враховуючи рекомендації [19] передача максимального та мінімального обертальних моментів розробленою фрикційною запобіжною муфтою підвищеної точності та надійності визначається по формулах [5, 19]:

$$T_1 = (P_{\text{пр}} \cdot D_{\text{ср}} \cdot f_0) / 2 \cdot \sin \alpha_1 = (c \cdot \Delta \cdot D_{\text{ср}} \cdot f_0) / 2 \cdot \sin \alpha_1, \quad (1)$$

$$T_2 = P_{\text{пр1}} \cdot D / 2 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha_2 - \rho) - (D/d)f) = c \cdot (\Delta + \Delta_{\text{зм}}) \cdot D / 2 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha_2 - \rho) - (D/d)f), \quad (2)$$

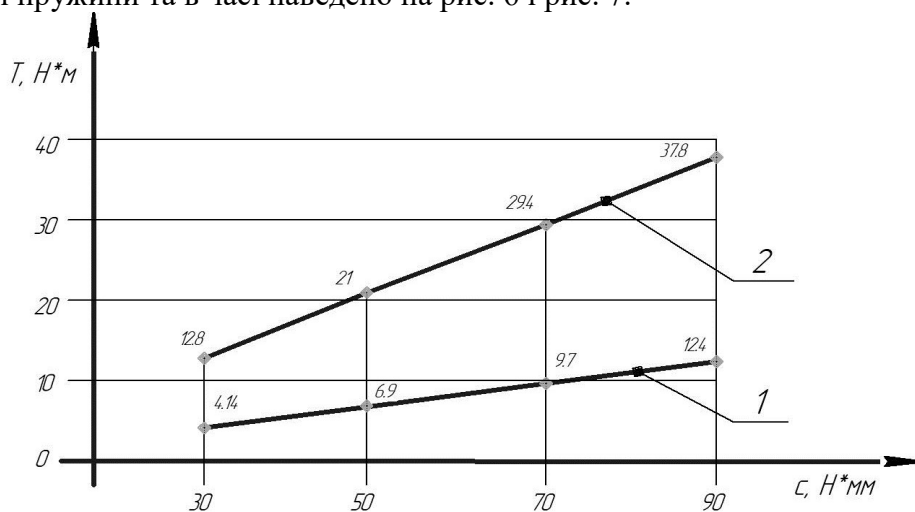
де $P_{\text{пр1}}$ – сила максимального стиснення пружини;

ρ – кут тертя між кульками та пазами, $\rho = 5^\circ \dots 6^\circ$;

f – коефіцієнт тертя в шліцьовому з'єднанні $f \approx 0,05$;

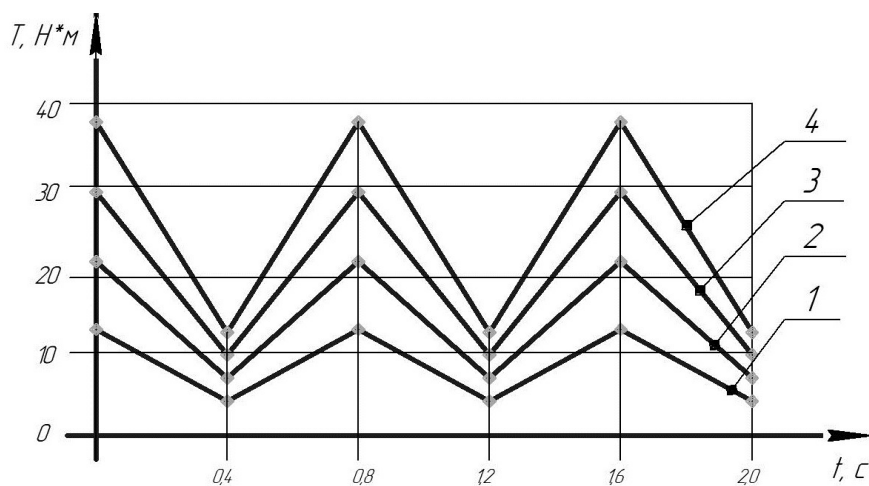
$\Delta_{\text{зм}}$ – додаткове стиснення пружини при перевантаженні, мм.

Графічні залежності передачі обертального моменту окремими елементами зачеплення фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності від жорсткості пружини та в часі наведено на рис. 6 і рис. 7.



1 – передача через фрикційні накладки; 2 – передача через елементи зачеплення «кулька-паз»

Рисунок 6 – Графічні залежності величини передачі обертального моменту окремими елементами зачеплення фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності від жорсткості пружини
Джерело: розроблено авторами

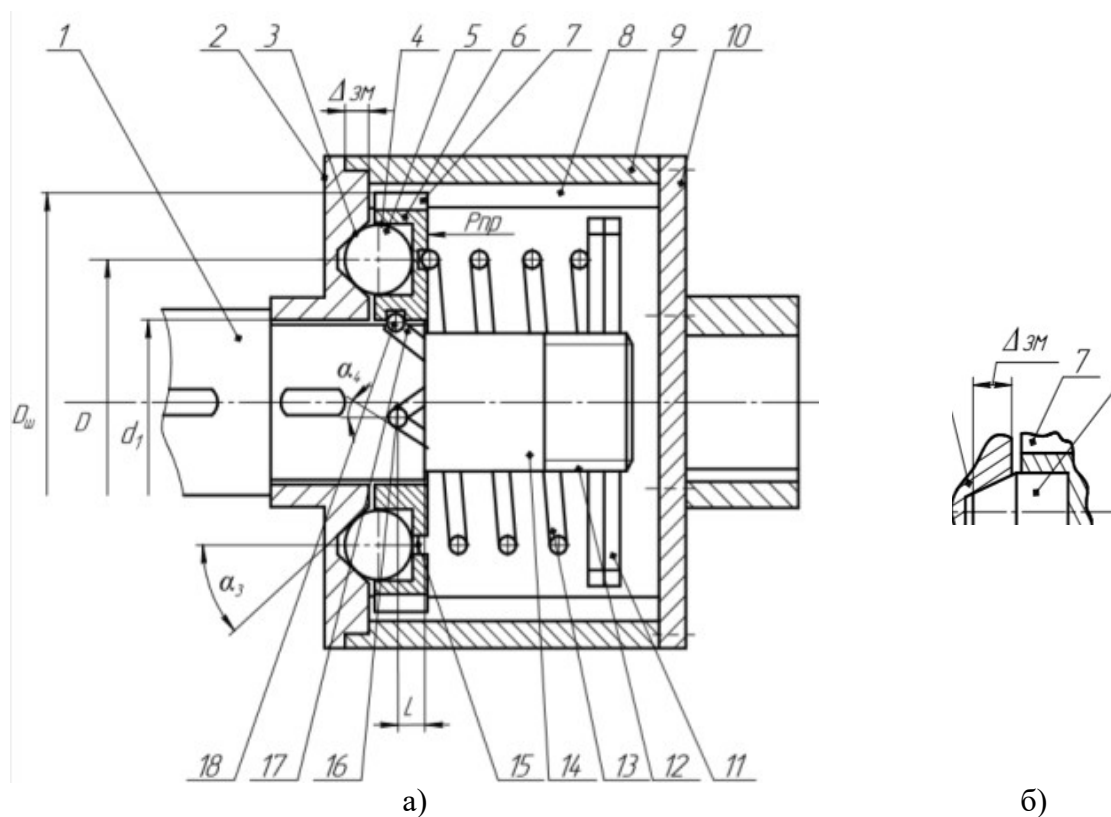


1 – C = 30 Н/мм; 2 – C = 50 Н/мм; 3 – C = 70 Н/мм; 4 – C = 90 Н/мм

Рисунок 7 – Графічні залежності передачі обертального моменту фрикційною запобіжною муфтою підвищеної точності та надійності від часу буксування при $n = 300$ об/хв.
Джерело: розроблено авторами

З рисунку 6 видно, що характер передачі обертального моменту через фрикційні накладки та елементи зачеплення «кулька-паз» в залежності від зміни жорсткості пружини змінюється лінійно. Аналізуючи рисунок 7 видно, що на початковому етапі спрацювання до розчеплення пів муфт, обертальний момент передається через фрикційне зчеплення, а на другому етапі - через елементи зачеплення «кулька-паз».

Також слід зазначити, що величина обертального моменту, яку дозволяє забезпечити муфта, відіграє важливу роль у сфері їх застосування. Можливість керуванням передачею обертального моменту через муфту робить її ефективнішою в ролі використання запобіжних елементів стапельних систем ремонтного обладнання автотранспортних підприємств. Саме такі характеристики мають муфти імпульсного типу. На рисунку 8 представлено конструктивну схему муфти, у якій є можливість використовувати різноманітні елементи зачеплення [5, 7]: «кулачок-кулачок», «кулька-лунка», «конусоподібний палець-лунка».



а) загальний вигляд; б) розташування гвинтових пазів;

1, 12, 14 – ділянки ведучого вала; 2, 10 – ведуча і ведена півмуфти; 3 – лунки; 4 – гнізда для розташування елементів зачеплення; 5 – елементи зачеплення; 6 – втулка підтиску; 7, 8 – елементи шліцьового з'єднання; 9 – пустотілий циліндр; 11 – гайки; 12 – різь; 13 – пружина стиснення; 15 – кільце ковзання; 16, 17 – гвинтові пази; 18 – кульки

Рисунок 8 – Конструктивно-розрахункова схема запобіжної муфти імпульсного типу
Джерело: розроблено авторами

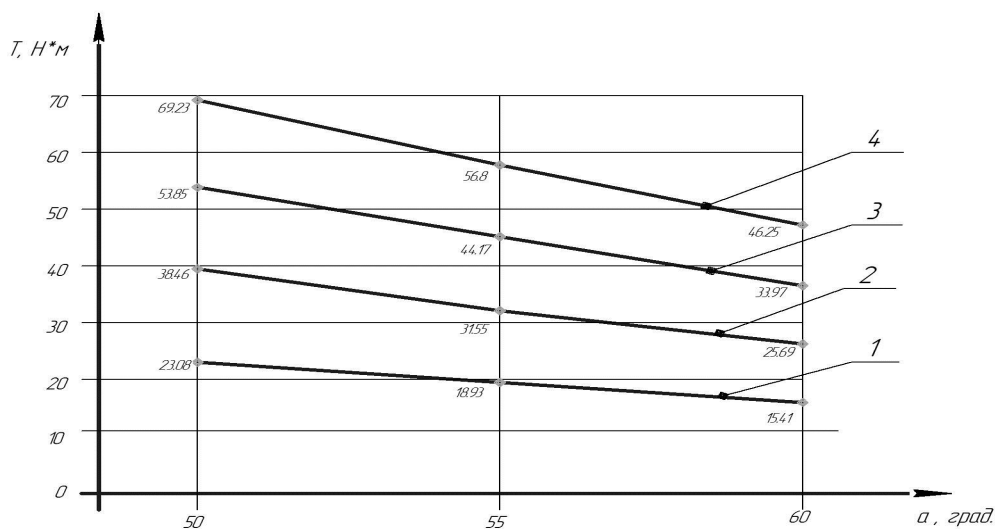
Загалом муфта (рис. 8) працює за принципом типових імпульсних запобіжних муфт, із періодичним розчепленням-зчепленням елементів зачеплення 3 і 5. Регулювання величини передавання обертального моменту забезпечується затиском пружини стиснення 13 гайками 11. Особливістю конструкції є те, що за рахунок викочування кульок 18 з гвинтових пазів 17 і закочування в гвинтові пази 16 в режимі

буксування забезпечується плавне розмикання-вмикання півмуфт. Слід відмітити, що за рахунок неоднакового виконання гвинтових пазів 16 і 17 включення муфти відбувається лише один раз за одне повне зміщення піфмуфт однієї відносно іншої в режимі буксування, яке забезпечує різке зменшення динамічних навантажень на привід та інші елементи технологічного устаткування чи обладнання при розмиканні-вмиканні муфти.

Розрахунок передачі обертального моменту запропонованої захисної муфти імпульсного типу здійснюється згідно рекомендацій[5, 19]:

$$T_3 = c \cdot (\Delta + \Delta_{3M}) \cdot D / 2 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha_3 - \rho) - (D_{III} / D) f) \cdot \eta_M. \quad (3)$$

Визначення величини передачі обертального моменту від величини кута нахилу лунок даною запобіжною муфтою проведено з врахуванням наступних параметрів: $\Delta = 10$ мм; $\Delta_{3M} = 3$ мм; $D = 100$ мм; $D_{III} = 120$ мм; $\alpha_3 = 50^\circ \dots 60^\circ$; $d_3 = 10$ мм (діаметр елементів зачеплення); $\rho = 5^\circ$; $f = 0,12$; $C = 50 \dots 90$ Н/мм (рис. 9).



1 – C = 30 Н/мм; 2 – C = 50 Н/мм; 3 – C = 70 Н/мм; 4 – C = 90 Н/мм

Рисунок 9 – Графічні залежності обертального моменту запобіжної муфти імпульсного типу від величини кута нахилу лунок

Джерело: розроблено авторами

Аналізуючи графічні залежності (рис. 9) можна зробити висновок, що із збільшенням кута нахилу лунок, здатність передавати обертальний момент знижується. Проведені експериментальні дослідження розроблених запобіжних муфт показали високу точність (коефіцієнт точності знаходився в межах 1,09...1,24 і залежав від конструктивних особливостей) і надійність їх роботи [5, 14], що дає підстави вважати доцільним використанням запропонованих захисних пристроїв у технологічному устаткуванні та обладнанні автотранспортних підприємств.

Висновки. В роботі представлено розроблені конструкції фрикційної запобіжної муфти підвищеної точності та надійності та запобіжної муфти імпульсного типу, яка володіє низькою динамічністю. Проведено їх кінетостатичний розрахунок, на основі якого побудовано

Встановлено, що передача обертального моменту через фрикційні накладки та елементи зачеплення «кулька-паз» фрикційною запобіжною муфтою підвищеної точності та надійності в залежності від зміни жорсткості пружини змінюється лінійно, і

на початковому етапі спрацювання, до розчеплення півмуфт, обертальний момент передається через фрикційне зчеплення, а на другому етапі через елементи зачеплення «кулька-паз».

Встановлено, що запропонована запобіжна муфта імпульсного типу за рахунок неоднакового виконання гвинтових пазів забезпечує включення муфти в режимі буксування лише один раз за одне повне зміщення піфмуфт однієї відносно іншої, яке забезпечує різке зменшення динамічних навантажень на привід та інші елементи технологічного устаткування чи обладнання при розмиканні-вмиканні муфти. Також можна зробити висновок, що із збільшенням нахилу лунок здатність передавати обертальний момент знижується.

У результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що запропоновані конструкції муфт доцільно широко використовувати в устаткуванні та обладнанні автотранспортних підприємств. Приведені технічні характеристики муфт забезпечують їхнє універсальне і ефективне використання в плані безпечних умов праці, точності і надійності роботи обладнання та оснащення, у якому вони використовуються.

Список літератури

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості . *Вісник інженерної академії України*. 2015. № 3. С. 66-72.
2. Гевко І.Б. Дослідження характеристик запобіжних пристроїв машин. *Машинознавство*. 1997. № 4 - 6. С.17-21.
3. Гевко І.Б. Розробка і дослідження низькочастотних пристроїв для виконання технологічних процесів гнучкими гвинтовими конвеєрами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.20.01 . Луцьк, 1997. 18 с.
4. Гевко І.Б. Технологічність та ремонтпридатність конструкцій запобіжних муфт сільськогосподарських машин. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2005. Вип. 23 . С. 225 - 231.
5. Гевко І.Б., Гудь В.З., Левкович М.Г. Елементи захисту від перевантажень технологічного оснащення для ремонту автотранспортних засобів . *Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей* : Матеріали VI всеукр. наук.-прак. конф. Луцьк, 2020. С. 23-27.
6. Гевко Р. Б. Предохранительные муфты повышенной плавности срабатывания . *Машиностроитель*. 1986. № 3. 19 с.
7. Гудь В.З. Механіко-технологічні основи розробки багатofункціональних секційних шнеків для зернового матеріалу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : 05.05.11 . Тернопіль, 2021. 43 с.
8. Коваленко В.М., Щуріхін В.К. Диагностика і технологія ремонту автомобілів: підруч. Київ: Літера ЛТД, 2017. 224 с
9. Кіндрацький Б.І. Концепція і алгоритм багатокритеріального структурно-параметричного синтезу машинобудівних конструкцій . *Вісн. ДДТУ імені Івана Пулюя*. 2003. Т.8, №1. С. 73-82.
10. Комаров М.С. Динамика машин . М.: Машиностроение, 1979. 342 с.
11. Ловейкин В.С., Нестеров А.П. Динамическая сила оптимизация подъемных машин . Луганск : Вид-во ЛНУ, 2002. 387 с.
12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. К.: Знання, 2007. 527с.
13. Луців І.В., Гевко І.Б., Дубиняк Т.С., Манзій О.С. Defining parameters of elastic-safety clutches for screw conveyers. *Вісник ТНТУ*. 2017. № 3 (87). С.72-80.
14. Луців І.В., Гевко І.Б., Дубиняк Т.С., Гудь В.З. Результати експериментальних досліджень пружно-запобіжної муфти гнучкого гвинтового конвеєра. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: Всеукраїнський науково-технічний журнал*. 2018. № 1 (100). С. 111 – 116.
15. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. Львів: Вид-во Нац. Ун-ту «Львівська політехніка», 2006. 196 с.
16. Нагорняк С.Г., Луцив И.В. Предохранительные механизмы метало-обрабатывающего оборудования: Справочник. Киев: Техника, 1992. 72 с.
17. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю.Ю., Цимбал С. В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.

18. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 550 с.
19. Поляков В.С. Барабаш И.Д., Реховский О.А. Справочник по муфтах . Машиностроение, 1974. 352 с.
20. Пружно-запобіжні муфти: конструкції, розрахунок, дослідження / Гевко Б. М., Луців І. В, Гевко І. Б., Комар Р. В., Дубиняк Т. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 200 с.
21. Тепинкичиев В.К. Предохранительные устройства от перегревки станков. М. Машиностроение, 1964. 157 с.
22. Форнальчик Є.Ю., Олісевич М.С. Технічна експлуатація та надійність: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] . Львів: Афіша, 2004. 492 с.
23. Lutsiv I.V., Hevko Iv.B., Lyashuk O.L., Dubynyak T.S. Investigation of dynamical impact loads in screw conveyer drives with safety clutches. *INMATEH - Agricultural Engineering* . Polytechnic University of Bucharest. 2017. Vol. 51, № 1. P. 69-76.

References

1. Aulin, V.V. Hrynkiv, A.V. & Zamota, T.M. (2015). Zabezpechennia ta pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti transportnykh zasobiv na osnovi vykorystannia metodiv teorii chutlyvosti [Ensuring and increasing operational reliability of vehicles based on the use of sensitivity theory methods]. *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy – Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine* , № 3, 66-72 [in Ukrainian].
2. Hevko, I.B. (1997). Doslidzhennia kharakterystyk zapobizhnykh prystroiv mashyn [Study of characteristics of safety devices of machines]. *Mashynoznavstvo – Mechanical engineering*, № 4 -6, 17-21 [in Ukrainian].
3. Hevko, I.B. (1997). Rozrobka i doslidzhennia nyzkochastotnykh prystroiv dlia vykonannia tekhnolohichnykh protsesiv hnuchkymy hvyntovymy konveieramy [Development and research of low-frequency devices for performing technological processes with flexible screw conveyors] . *Extended abstract of candidate's thesis*. Lutsk [in Ukrainian].
4. Hevko, I.B. (2005). Tekhnolohichnist ta remontoprydatnist konstruktzii zapobizhnykh muft silskohospodarskykh mashyn [Technology and maintainability of constructions of safety clutches of agricultural machines.]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu – Collection of scientific works of the Vinnytsia State Agrarian University, Issue 23*, 225 – 231 [in Ukrainian].
5. Hevko, I.B., Hud, V.Z. & Levkovych, M.H. (2020). Elementy zakhystu vid perevantazhen tekhnolohichnoho osnashchennia dlia remontu avtotransportnykh zasobiv [Elements of protection against overloads of technological equipment for the repair of motor vehicles] . Scientific and applied aspects of automobile and transport and road industries : *VI Vseukr. Nauk.-Prak. konf. – VI All-Ukrainian science-practice conference* (pp. 23-27) . Lutsk [in Ukrainian].
6. Hevko, R.B. (1986). Predohranitel'nye mufty povyshennoj plavnosti srabatyvaniya [Safety clutches with increased smooth operation]. *Mashinostroitel' – Mechanical engineer*, № 3, 19 [in Russian].
7. Hud, V.Z. (2021). Mekhaniko-tekhnolohichni osnovy rozrobky bahatofunktsionalnykh sektsiinykh shnekiv dlia zernovoho materialu [Mechanical and technological basics of the development of multifunctional sectional augers for grain material] . *Extended abstract of doctor's thesis*. Ternopil [in Ukrainian].
8. Kovalenko, V.M. & Shchurikhin, V.K. (2017). *Diahnostyka i tekhnolohiia remontu avtomobiliv [Diagnostics and technology of car repair]* . Kyiv: Litera LTD [in Ukrainian].
9. Kindratskyi, B.I. (2003). Kontseptsii i alhorytm bahatokryterialnoho strukturno-parametrychnoho syntezy mashynobudivnykh konstruktzii [Concept and algorithm of multi-criteria structural-parametric synthesis of machine-building structures.]. *Visn. TDTU imeni Ivana Puliuia – Visn. TDTU named after Ivan Pulyuy, Vol. 8, №1*, 73-82 [in Ukrainian].
10. Komarov, M.S. (1979). *Dinamika mashin . [Machine dynamics]* . M.: Mashinostroenie [in Russian].
11. Lovejkin, V.S. & Nesterov, A.P. (2002). *Dinamicheskaja sila optimizacija pod'emnykh mashin [Dynamic force optimization of lifting machines]*. Lugansk : Vid-vo LNU [in Russian].
12. Ludchenko, O.A. (2007). *Tekhnichne obsluhovuvannia i remont avtomobiliv [Maintenance and repair of cars]*. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].
13. Lutsiv, I.V., Hevko, I.B., Dubyniak, T.S. & Manzii, O.S. (2017). Defining parameters of elastic-safety clutches for screw conveyers. *Visnyk TNTU – Bulletin of TNTU, № 3 (87)*, 72-80 [in Ukrainian].

14. Lutsiv, I.V., Hevko, Iv.B., Dubyniak, T.S. & Hud, V.Z. (2018). Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen pruzhno-zapobizhnoi mufty hnuchkoho hvyntovoho konveiera [The results of experimental studies of the elastic safety coupling of a flexible screw conveyor]. *Vseukrainskyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal: Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Engineering, energy, transport of agricultural industry: All-Ukrainian scientific and technical journal, № 1 (100)*, 111 – 116 [in Ukrainian].
15. Malashchenko, V.O. (2006). *Mufty pryvodiv. Konstruktsii ta pryklady rozrakhunkiv [Drive clutches. Designs and examples of calculations]*. Lviv: Vyd-vo Nats. Un-tu «Lvivska politehnika» [in Ukrainian].
16. Nahorniak, S.H. & Lutsyv, Y.V. (1992). *Predohranitel'nye mehanizmy metalo-obrabatyvayushhego oborudovaniya [Safety mechanisms of metal processing equipment]*. Kiev: Tekhnika, [in Ukrainian].
17. Bilichenko, V.V., Kreshchenetskyi, V.L., Kukurudziak, Yu.Iu. & Tsymbal, S.V. (2012). *Osnovy tekhnichnoi diahnostyky kolisnykh transportnykh zasobiv [Basics of technical diagnostics of wheeled vehicles]*. Vinnytsia : VNTU [in Ukrainian].
18. Hevko, I.B., Rohatynskyi, R.M., Liashuk, O.L., Levkovich, M.H., Hud, V.Z., Stashkiv, M.Ia. & Sipravska, M.D. (2021). *Osnovy tekhnologii vyrobnytstva ta remontu avtomobiliv [Fundamentals of automobile production and repair technology]*. Ternopil: Vydavnytstvo TNTU imeni Ivana Puliuia [in Ukrainian].
19. Poliakov, V.S., Barabash, Y.D. & Rekhovskiy, O.A. (1974). *Spravochnyk po muftakh [Coupling Handbook]*. Mashynostroenye [in Russian].
20. Hevko, B.M., Lutsiv, I.V., Hevko, I.B., Komar R.V. & Dubyniak T.S. (2019). *Pruzhno-zapobizhni mufty: konstruktsii, rozrakhunok, doslidzhennia [Spring-safety couplings: designs, calculation, research]*. Ternopil: FOP Palianytsia V. A. [in Ukrainian].
21. Tepinkichiev, V.K. (1964). *Predohranitel'nye ustrojstva ot peregreivki stankov [Safety devices against overheating of machines]*. M. : Mashynostroenie [in Russian].
22. Fornalchuk, Ye.Iu. & Oliskevych, M.S. (2004). *Tekhnichna ekspluatatsiia ta nadiinist [Technical operation and reliability]*. Lviv: Afisha [in Ukrainian].
23. Lutsiv I.V., Hevko Iv.B., Lyashuk O.L. & Dubynyak T.S. (2017). Dubynyak Investigation of dynamical impact loads in screw conveyer drives with safety clutches. *INMATEH - Agricultural Engineering* . Polytechnic University of Bucharest. *Vol. 51, № 1*. P. 69-76 [in English].

Ivan Hevko, Prof., DSc., **Victor Hud**, Prof., DSc., **Mykhailo Levkovich**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Maria Sipravska**, assist.

Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Ternopil, Ukraine

Research of Protective Elements of Technological Equipment and Equipment of Motor Transport Enterprises

Protective equipment is used in any equipment of motor vehicle enterprises, both to protect the equipment itself to reduce damage and for the worker. The protective elements of the equipment must provide high indicators of reliability and accuracy, therefore the purpose of this article is to conduct a study of these protective elements to improve their efficiency and reliability of operation when used on the equipment of motor vehicle enterprises.

In the work, research on the design of protective couplings of various types, as well as experimental studies of the torque of the protective elements of these couplings. The places of use of these couplings were given with justification of their effectiveness and expediency in this equipment. Design schemes of these couplings are presented and the principles of their operation are described. Experimental studies of the torque depending on the design features of these couplings, calculations of the transmission of the maximum and minimum torque of the proposed protective couplings were carried out. Also, the experimental method was used to determine the indicators of the accuracy of operation due to the load on the protective elements of the proposed couplings, which showed good results. The proposed pulse-type coupling showed the possibility of load control without special design changes, which makes its use universal and effective in equipment.

So, summing up, both experimental and theoretical studies can be concluded about the effectiveness of using these safety clutches in the equipment of motor vehicle enterprises. These protective clutches showed high indicators of accuracy and reliability of operation, which are confirmed by the results of research. Design features of the proposed protective couplings make their use universal, both for equipment with high load requirements and for mild loads, high accuracy of their operation makes them safe for workers.

safety clutches, reliability, car repair, design parameters, a stand for car repair

Одержано (Received) 11.09.2023

Прорецензовано (Reviewed) 23.09.2023

Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023