

ІНЕРЦІЙНО-ФРИКЦІЙНІ МУФТИ БЕЗ ВЕДЕНОЇ НАПІВМУФТИ, ЇХ ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ДЕЯКІ ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Постановка проблеми. Підвищення технічних характеристик, надійності та довговічності пружних муфт, які широко застосовуються в різноманітних транспортних засобах, за рахунок пом'якшення поштовхів та ударів, захисту механічних приводів від резонансних коливань, енергоємності, тощо шляхом використання інерційності маси ведучої напівмуфти під час передавання обертальних моментів, а також спрощення пружних муфт виключенням з їх конструкцій ведених напівмуфт є нагальною проблемою сучасного машинобудування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експлуатаційні вимоги сприяли розробці та проведенню аналізу різноманітних конструкцій пружних муфт, що описані у роботах [1 - 4]. Однак серед відомих конструкцій муфт відсутні такі, які одночасно поєднували б в собі максимальну кількість основних властивостей пружних муфт і поряд з тим відповідали б додатковим вимогам до них, приміром компенсування осьового, радіального та кутового збільшеного незбігу геометричних осей валів. Крім того, загальною принциповою схемою будь-якої муфти є наявність в її конструкції двох напівмуфт (ведучої та веденої). Це спонукало розробку нового класу раціональніших муфт.

Метою роботи є розширення технічних характеристик і технологічних можливостей пружних муфт з одночасним спрощенням їх конструкції за рахунок одночасного максимального поєднання властивостей пружних муфт в конструкції однієї муфти і забезпечення з'єднання валів в широкому діапазоні їх діаметрів без веденої напівмуфти.

Виклад основного матеріалу. Прагнення позбавитись від вказаних недоліків пружних муфт привело до створення на основі розробленого способу передачі обертального моменту [5], нових інерційно-фрикційних муфт [6, 7]. Основою таких муфт є пружні елементи, які за рахунок інерційності маси ведучої напівмуфти з'єднують ведучу напівмуфту безпосередньо з веденим валом, на якому відсутня ведена напівмуфта, одночасно виконуючи демпфуючі функції.

Муфта інерційно-фрикційна [6] (рис.1) складається з проміжної втулки 1, у торці в кільцевій канавці 2 якої закріплена пружна бочкоподібна оболонка 3 з поздовжніми пазами 4 і фланцем 5 на торці,

а на зовнішній поверхні проміжної втулки виконані косі шліци 6, в сторону протилежну напрямку обертання, на яких встановлена втулка-стакан 7, на торці якої виконаний фланець 8, який має радіальні пази 9 для розміщення вантажів 10. До фланця за допомогою шайби 11, кришки наскрізної 12 та гвинтів 13 через фланець 5 кріпиться пружна бочкоподібна оболонка.

Під час з'єднання валів, проміжна втулка встановлюється на ведучий вал 14 і жорстко з'єднується з ним, наприклад, шпонкою 15 і шайбою 16, а ведений вал 17 встановлюється у порожнину пружної бочкоподібної оболонки через отвір кришки наскрізної, для взаємодії з нею через тертя.

Принцип роботи цієї муфти такий. До початку обертання ведучого вала вона знаходиться в стані спокою і вантажі під дією сили тяжіння займають в пазах крайні нижні положення. Завдяки виконанню в фланці втулки-стакана не менше трьох радіальних пазів, рівномірно розміщених по колу, вантажі займають крайнє нижнє

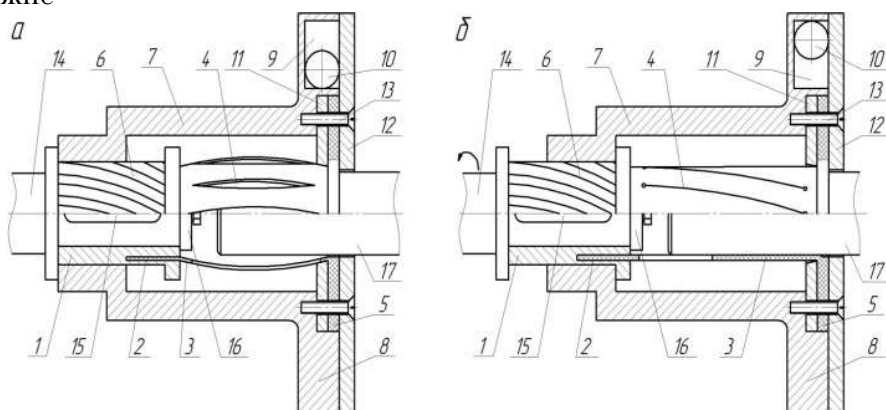


Рисунок 1. Муфта інерційно-фрикційна: *а* – неробоче положення; *б* – робоче положення

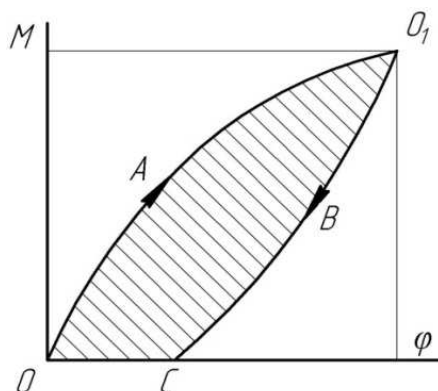


Рисунок 2. Характеристика інерційно-фрикційної муфти з нелінійною жорсткістю

положення в цих пазах і спричиняють зміщення центра ваги муфти нижче осі її обертання, що збільшує її інертність в початковий момент обертання ведучого вала. У початковий момент обертання ведучого вала втулка-стакан під дією сили інерції зміщується на косих шліцах втулки в осьовому напрямку ліворуч (рис. 1, б). Внаслідок цього пружна бочкоподібна оболонка розтягується і дещо закручується, зменшуючись у діаметрі та щільно охоплює ведений вал. За рахунок сил тертя, що виникають між внутрішньою поверхнею пружної оболонки і поверхнею веденого вала, обертальний момент від ведучого вала передається на ведений вал і муфта набуває робочого режиму. Вантажі під дією відцентрової сили переміщуються в пазах до їх зовнішніх кінців, центр ваги півмуфти зміщується до осі її обертання і початковий дисбаланс зникає. При зупинці ведучого вала проміжна втулка, зміщується у зворотному напрямку, пружна бочкоподібна оболонка повертається до початкової форми і вали роз'єднуються (рис. 1, а).

Позитивною характеристикою запропонованої муфти є її нелінійна жорсткість, яка визначається властивостями неметалевого пружного елемента у вигляді бочкоподібної пружної оболонки, матеріал якої не підпорядковується закону Гука і яка позитивно впливає на зниження резонансних амплітуд коливань. Відповідно, нелінійна жорсткість даної конструкції в значній мірі підвищить здатність механізму переносити різкі зміни навантаження, такі як поштовхи та удари, і працювати без резонансу коливань.

Ця інерційно-фрикційної муфти теоретично має високу демпфуючу здатність, яка характеризується величиною енергії, що нею поглинається під час деформації пружної бочкоподібної оболонки за один цикл за рахунок сил, внутрішнього і зовнішнього тертя і вимірюється площею отриманої петлі гістерезису OAO_1BC (рис. 2), де OAO_1 – навантаження і O_1BC – розвантаження муфти.

Тому за подібним принципом розроблено муфту [7] (рис. 3) з металевим пружним елементом спрощеної конструкції. Вона складається із: рухомої втулки-стакана 1, встановленої на косих шліцах 2, виконаних на ведучому валу 3 в сторону протилежну напрямку його обертання з закріпленою на ній одним кінцем зі сторони веденого вала 4 спіральною пружиною 5, а другим кінцем закріпленою на ведучому валу. Навивка спіральної пружини співпадає з напрямом нахилу косих шліців.

Принцип її роботи подібний до муфти (рис. 1). Передавання обертального моменту здійснюється також за рахунок сил тертя між спіральною пружиною, яка одночасно розтягується і закручується на певний кут на ведений вал. Якщо ведучий вал зупиняється, то спіральна пружина під дією пружних сил приймає початкове

положення, втулка-стакан переміщається у своє початкове положення і вали роз'єднуються (рис. 3, *a*).

Позитивною ознакою цієї муфти є те, що вона здатна з'єднувати вали в широкому діапазоні їхніх діаметрів. Крім того, одночасне розтягування і закручування спіральної пружини в момент вмикання муфти забезпечує рівномірний контакт внутрішньої її поверхні з поверхнею веденого вала, що сприяє підвищенню значення обертального моменту.

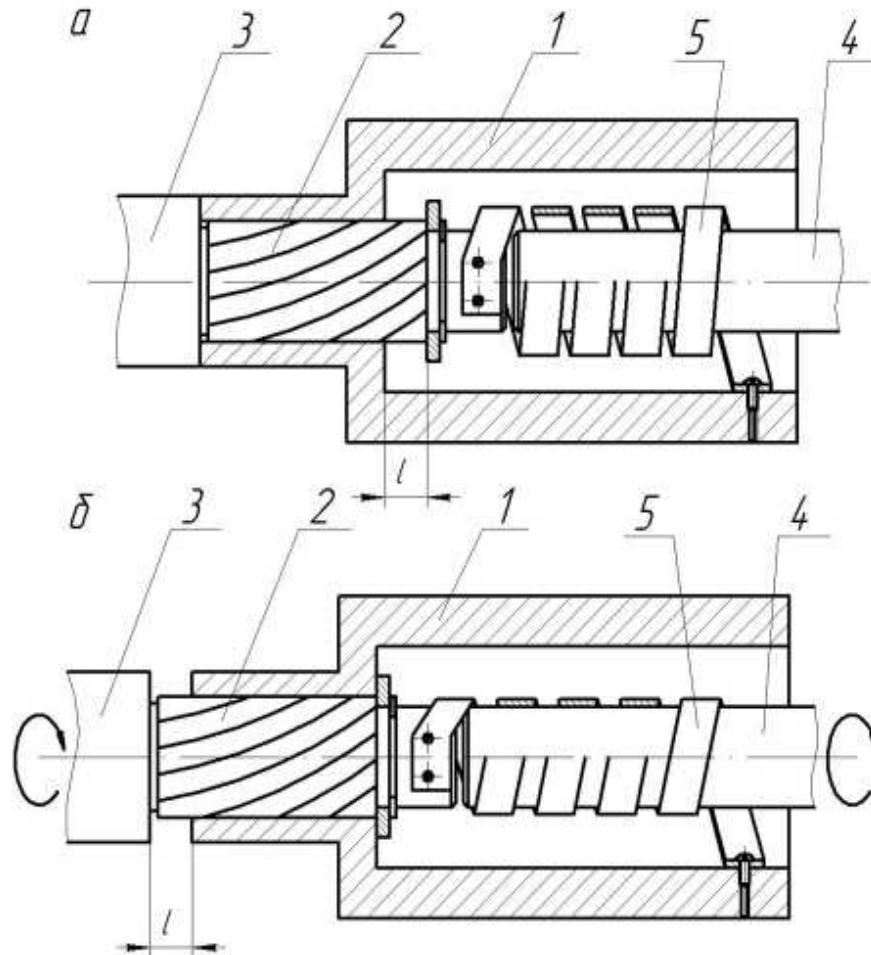


Рисунок 3. Муфта інерційно-фрикційна з металевим пружним елементом у вигляді плоскої пружини кручення зі сталими шириною та товщиною стрічки: *a* – вільний стан; *б* – робоче положення

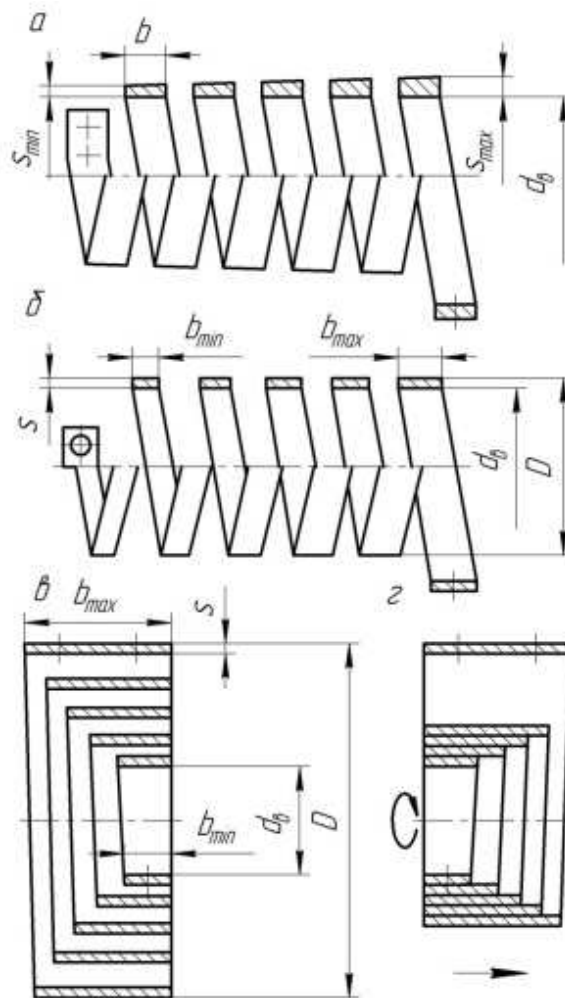


Рисунок 4. Варіанти конструкцій металевих пружних елементів: *a* – плоска пружина кручення із змінною товщиною стрічки *s*; *б* – плоска пружина кручення із змінною шириною стрічки *b*; *в* – плоска спіральна пружина із змінною шириною стрічки *b*, в стані спокою; *г* – плоска спіральна пружина із змінною шириною стрічки *b*, в робочому положенні муфт.

Відомо, що муфти з металевими пружними елементами мають лінійну жорсткість і меншу демпфуючу здатність. Тому для забезпечення нелінійної жорсткості муфти, а також забезпечення підвищених демпфуючої здатності та енергоємності муфти були розроблені особливі конструкції металевих пружних елементів (рис. 4). Пружини з нелінійною характеристикою можна запроєктувати на більшу енергію удару, ніж пружини з лінійною характеристикою подібних габаритних розмірів.

До таких пружин можна віднести, наприклад, телескопічні пружини із змінною товщиною стрічки *s* від внутрішнього діаметра в сторону зовнішнього при сталій ширині *b*, або пружини розтягу із

змінним діаметром d поперечного перетину дроту з механічною обробкою її внутрішнього діаметра (рис. 5).

Звичайно, що всі наведені конструкції пружних елементів будуть мати різну нелінійну жорсткість, але загальною характерною ознакою для всіх цих пружних елементів є те, що вони крім стиснення-розтягування будуть працювати і на закручування.

Крім того, нелінійна характеристика пружин залежить, зокрема, і від кількості витків та форми стрічки, з якої вони виготовлені (рис. 6).

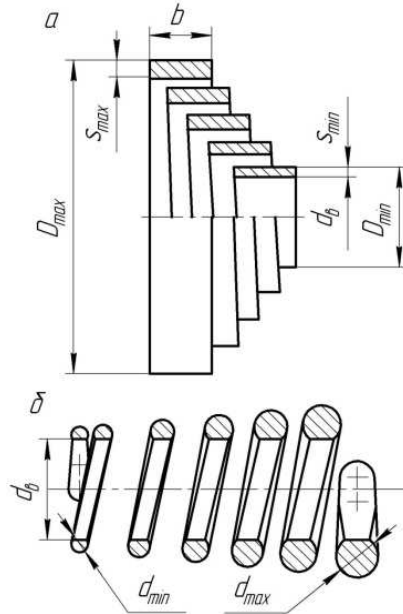


Рисунок 5. Варіанти конструкцій фасонних металевих пружних елементів: *a* – телескопічна пружина із змінною шириною стрічки *b*; *б* – пружина розтягу із змінним діаметром дроту *d*.

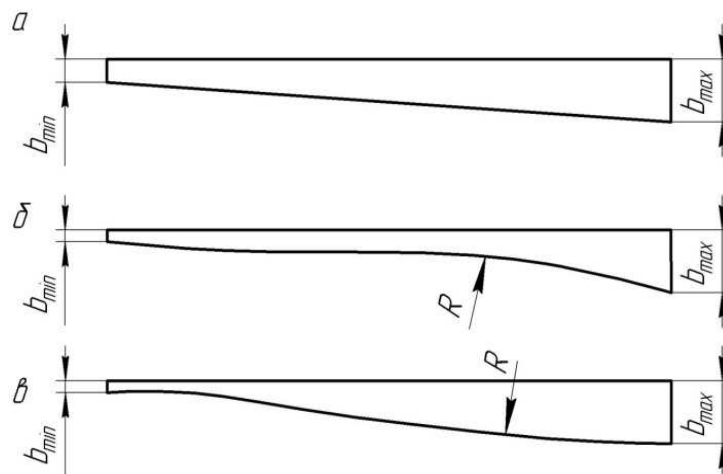


Рисунок 6. Форма стрічки для пружних елементів прямокутного перетину: *a* – з прямолінійною зміною ширини *b*; *б, в* – із зміною ширини радіусом.

Із викладеного випливає, що нелінійна жорсткість запропонованої муфти при постійній масі втулки-стакана залежить від нелінійної характеристики металевих пружних елементів, яка пояснюється тим, що при зростанні навантаження відбувається поступова посадка витків пружних елементів на опорну поверхню, тобто на ведений вал, і частина витків перестає деформуватись і пружні елементи стають більш жорсткими.

Більше того нелінійність жорсткості таких пружних елементів буде залежати і від того, що вони в процесі вмикання муфти мають складний деформований стан і змінну величину поперечного перетину кожного наступного витка, що і підсилює це явище.

Відтак, для кожного випадку можна отримати бажану характеристику зміною товщини і ширини прямокутного перетину або діаметра круглого перетину, а також зміною діаметрів пружних елементів та кількістю і кроком їх витків. Для прикладу на рис.7 показані характеристики жорсткості муфт з пружними елементами (рис. 4).

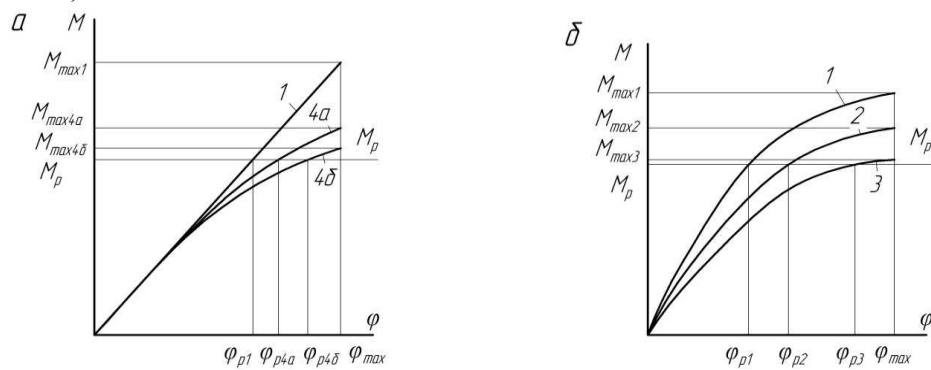


Рисунок 7. Характеристики інерційно-фрикційних муфт з металевими пружними елементами: a – з плоскою пружиною кручення (1 - із сталіми: товщиною s , шириною b стрічки і кількістю витків n ; $4a$ - із змінною s ; $4b$ - із змінною b); b – з плоскою спіральною пружиною (1 - із заданими: діаметром D і n , шириною стрічки b_{min} і b_{max} ; 2 - із зменшеною b ; 3 - із збільшеним D)

Із рис. 7 видно, що зміною параметрів пружних металевих елементів можна змінювати жорсткість інерційно-фрикційних муфт, починаючи від лінійної (рис.7, a - 1). Це впливатиме на характер зміни кутової швидкості веденого вала на початку руху. На рис. 8 наведено характерні зміни кутової швидкості веденого вала муфти з плоскою пружиною кручення, що зображена на рис. 4.

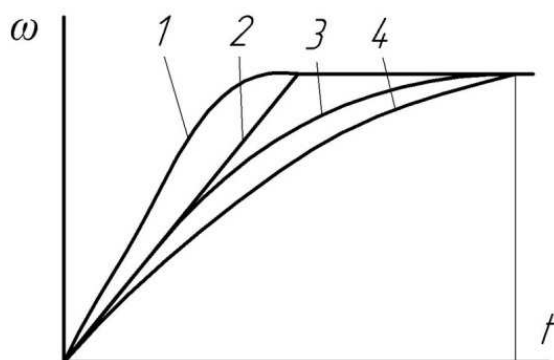


Рисунок 8. Характер зміни кутової швидкості веденого вала: 1 – традиційна пружина; 2 – із підібраними: товщиною s і шириною b стрічки, кількістю витків n ; 3 – із змінною s ; 4 – із змінною b .

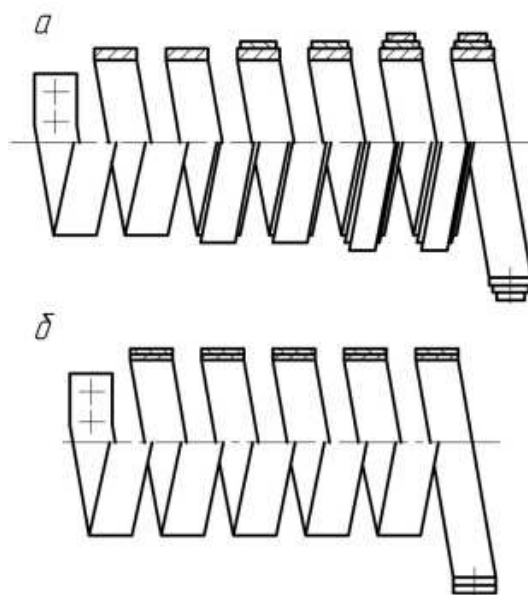


Рисунок 9. Варіанти виконання складальних плоских пружин кручення: a – з додатковими металевими та $б$ – з неметалевими елементами.

Установлено, що найбільший час розгону і плавне зчеплення з веденим валом забезпечує муфта із змінною шириною стрічки плоскої пружини кручення, а менший час – із звичайною плоскою пружиною кручення. Це пов'язано з меншим опором з боку звичайної плоскої пружини кручення.

Одним із варіантів підвищення демпфуючої здатності пружних металевих елементів пропонується виконання їх такими, що складаються з металевих та неметалевих частин з малими модулями пружності, і які вдало поєднують в собі пружні та демпфуючі

властивості. Прикладом таких елементів можуть бути складена плоска пружина кручення з додатковими плоскими пружинами кручення зі змінним поперечним перетином, розміщеними по зовнішньому діаметру основної пружини, а також плоска пружина кручення з неметалевим елементом (рис. 9).

Виконання муфт інерційно-фрикційних з різними варіантами пружних елементів дозволяє не навантажувати електродвигун до досягнення його максимального обертального моменту, коли сила струму більше номінальної, що виключає перегрів двигуна. Такі муфти дозволяють електродвигуну легко розігнатись і плавно запустити в рух робочий орган без перевантаження.

Розв'язуючи такі важливі задачі, розроблено та запатентовано муфти інерційно-фрикційні пружні [8, 9] з спеціальними пружними елементами, які покращують технічні характеристики муфт.

Будова та принцип роботи цих муфт подібні до муфти інерційно-фрикційної, що наведена на рис. 3. Відмінністю є тільки те, що за рахунок змінених пружних елементів ці муфти забезпечують нелінійну жорсткість, підвищують демпфуючу здатність та енергоємність, тобто покращують технічні чинники.

Висновки:

1. Розроблено конструкції та проведено попередній аналіз жорсткості, демпфуючої здатності та енергоємності металевих пружних елементів, які можуть бути застосовані в інерційно-фрикційних муфтах різноманітних транспортних засобів, де потрібно мати плавний запуск.

2. Розглянуто будову та принцип роботи нових запатентованих пружних інерційно-фрикційних муфт з металевими пружними елементами особливої конструкції (без веденої напівмуфти), що здатні передавати енергію двигуна за рахунок використання інерційності маси ведучої напівмуфти та сил тертя.

3. Запропоновані муфти є об'єктами подальших досліджень з метою їх впровадження у приводах різноманітних машин і механізмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В.О. Малащенко. - Львів: НУ "Львівська політехніка", 2009. - 196 с.

2. Малащенко В.О. Кулькові механізми вільного ходу / В.О. Малащенко, П.М. Гащук, О.І. Сороківський, В.В. Малащенко. – Львів: Новий Світ-2000, 2012. – 212 с.

3. Иванов М.Н. Детали машин / Иванов М.Н. – М.: “Высшая школа”, 1984. – 336 с.
4. Решетов Д.Н. Детали маши / Д.Н. Решетов – М.: “Машиностроение”, 1989. – 496 с.
5. Пат.54454 Україна, МПК F16D13/00, F16D43/00. Спосіб передачі крутного моменту муфтою / Федорук В.А., Стрілець В.М., Федорук М.Л., Бондарчук Б.В., 2010. Бюл.№21.
6. Пат. 55249 Україна, МПК F 16 D 13/00. Муфта інерційно-фрикційна / Федорук В.А., Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Федорук М.Л., Бондарчук Б.В., 2010. Бюл. № 23.
7. Пат. 63056 Україна, МПК F 16 D 13/00. Спосіб передачі крутного моменту / Федорук В.А., Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Федорук С.Л. 2011. Бюл. №18.
8. Заявка на патент України на корисну модель u2012 05531 від 07.05.12, МПК F16D13/00. Муфта інерційно-фрикційна пружна / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування.
9. Заявка на патент України на корисну модель u2012 05563 від 07.05.12, МПК F16D13/00. Муфта інерційно-фрикційна пружна / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування.