

ПРИНЦИП ПЕРЕДАВАННЯ ЕНЕРГІЇ ДВИГУНІВ ІНЕРЦІЙНО-ФРИКЦІЙНИМИ МУФТАМИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Малащенко В.О.

Національний університет «Львівська політехніка»,

Федорук В.А., Стрілець В.М.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Описано будову та принцип роботи нових інерційно-фрикційних муфт з проведенням попереднього аналізу умов і необхідних параметрів для надійного їх вмикання та вимкання під час різних режимів роботи. Запропоновано методикку проектування таких муфт з урахуванням особливостей процесу керування без відповідного механізму.

Ключові слова: інерційні муфти, муфти, передача енергії.

Вступ. Муфти, які широко застосовуються в приводах механізмів керування різноманітних транспортних засобів, повинні бути простіші у керуванні та будові. Цим вимогам у більшій мірі відповідають нові інерційно-фрикційні муфти з пружними елементами типу гвинтових пружин кручення або елементів з підвищеною масою.

Актуальність роботи. Спрощення процесу керування будь-яким транспортним засобом, а особливо швидкохідним з доведенням його до автоматичного з'єднання та роз'єднання кінців валів, є вельми актуальною задачею загального машинобудування.

Метою роботи є підвищення технічних характеристик муфт стосовно автоматичного керування ними процесом з'єднання та роз'єднання кінців валів і передавання енергії двигунів до робочого органу, яке можна здійснювати за рахунок використання інерційності маси ведучої напівмуфти під час зміни її швидкості руху, а також спрощення пружних муфт шляхом виключення з їх конструкцій ведених напівмуфт.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язування поставленої задачі виконано аналіз принципу роботи керованих муфт, які обов'язково мають механізми керування. Прагнення позбавитись від їх недоліків сприяло створенню нових інерційно-фрикційних муфт на основі розробленого способу передачі обертального моменту [8]. Основою таких муфт є пружні елементи типу гвинтових пружин кручення, які за рахунок інерційності маси ведучої напівмуфти закручуються та з'єднують ведучу напівмуфту безпосередньо з веденим валом. Суттєвою особливістю таких є те, що на веденому валу відсутня напівмуфта, а пружина кручення одночасно виконує демпфуючі функції.

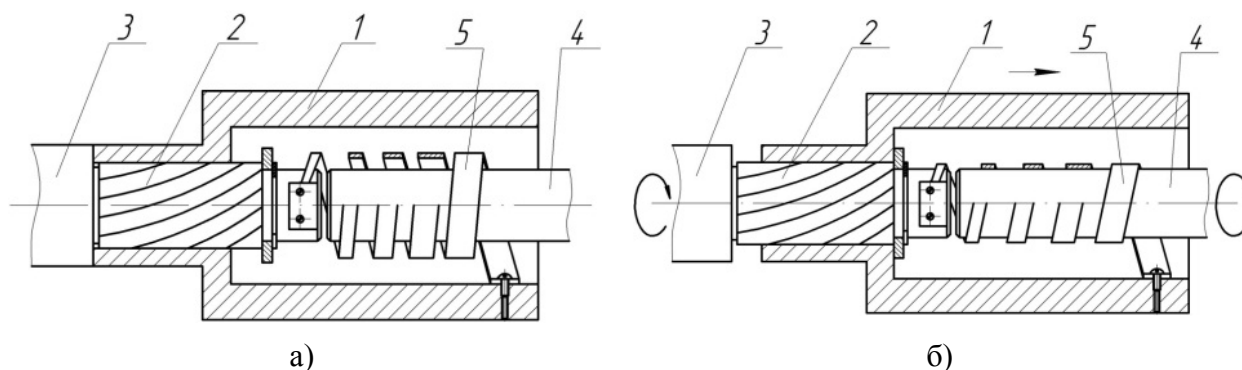


Рисунок 1 – Муфта інерційно-фрикційна пружна із змінним прямокутним перетином пружного елемента: а – неробоче положення; б – робоче положення

Муфта інерційно-фрикційна пружна, що наведена на рис. 1 складається із: рухомої втулки-стакана – 1, яка встановлена на косих шліцах – 2. Шліці виконані безпосередньо на кінці ведучого вала – 3, при чому нахил шліців є протилежним напрямку обертання ведучого вала. До цього кінця ведучого вала кріпиться одним кінцем з найменшою

шириною поперечного перетину пружина кручення – 5, а другим кінцем з найбільшою шириною поперечного перетину вона закріплена до веденого вала – 4. Навивка гвинтової пружини кручення виконана в напрямку нахилу косих шліців ведучого вала, тобто також у протилежному напрямку його обертання.

Подібну до рис. 1 конструкцію має муфта інерційно-фрикційна із змінним круглим перетином пружного елемента (рис. 2). Вона складається з рухомої втулки-стакана – 1, встановленої на косих шліцах – 2, виконаних на ведучому валу – 3 в сторону протилежну напрямку його обертання. До втулки закріплена штифтом – 4 кінцем з найбільшим діаметром циліндрична пружина – 6 зі сторони веденого вала – 5, а другим кінцем з найменшим діаметром дроту вона закріплена на ведучому валу за допомогою пластини – 7. Навивка циліндричної пружини виконана в напрямку нахилу косих шліців до твірної циліндричного кінця ведучого вала. Для покращення контакту пружини з поверхнею веденого вала на її внутрішній поверхні виконана проточка діаметром d_m більшим за максимальний діаметр вала d_v .

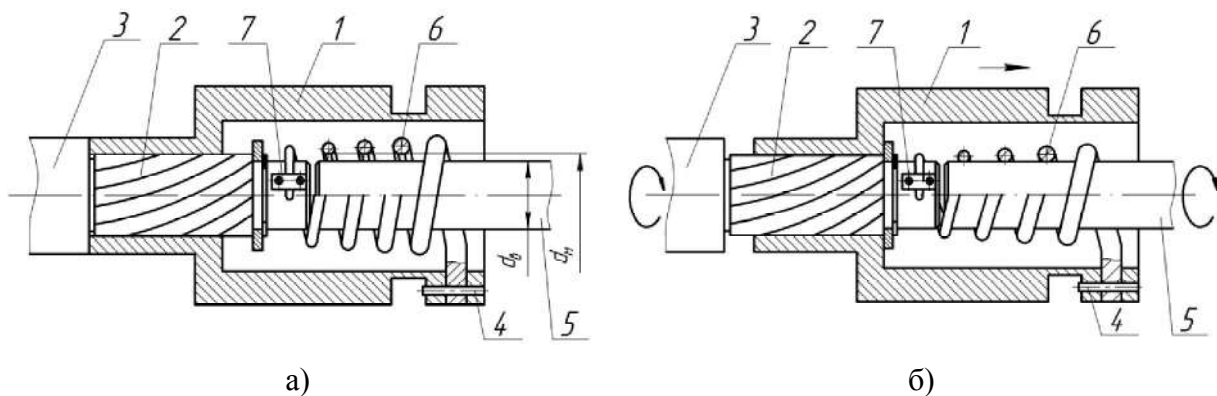


Рисунок 2 – Муфта інерційно-фрикційна пружна із змінним круглим перетином пружного елемента: *а* – неробоче положення; *б* – робоче положення

Принцип роботи муфт (рис. 1 і 2) абсолютно подібний і є очевидним із рисунків. У неробочому стані масивна втулка-стакан знаходиться у крайньому лівому положенні, а пружний елемент – у вільному стані та не доторкається до поверхні веденого вала. На початку руху ведучого вала втулка відстає від його у обертвовому русі, тому по шліцах рухається у осьовому напрямі праворуч, розтягуючи пружину, яка одночасно закручується ведучим валом і притискається до поверхні веденого вала. При цьому між пружним елементом і поверхнею веденого вала виникає сила тертя, яка сприяє передаванню енергії між валами. Робочому режиму сприяє також і пружний елемент, що має змінний поперечний перетин. Це пом'якшує процес вмикання та вимикання нових інерційно-фрикційних муфт.

За подібним принципом, тобто з використанням інерційності мас окремих елементів, розроблено конструкції муфт для транспортних засобів, приміром, автомобілів. Характерніші із них наведені на рис. 3 і 4. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна однодискова (рис. 3) складається з ведучого натискного диска – 1 з упорним підшипником кочення – 2, встановленого на циліндричній поверхні – 3 корпуса – 4, співвісно ведучому валу – 5 закріпленого на маховику – 6 за допомогою шліцьового з'єднання – 7, зв'язаного через підпружинені силовими пружинами розтягування – 8 з важелями – 9, шарнірно закріплені на кронштейні – 10, який встановлений на циліндричній поверхні корпуса з можливістю повороту навколо нього, одне плече яких контактує з ведучим натискним диском, а інше через тягу – 11 з'єднане з інерційним диском – 12, який зв'язаний з циліндричною поверхнею корпуса через косе шліцьове з'єднання – 13, шліці якого виконані під кутом до осі ведучого вала в напрямку протилежному його обертання, та веденого диска – 14 з фрикційними накладками – 15 і – 16, з'єднаного через шліцьове з'єднання – 17 з веденим валом – 18. Силкові пружини розтягування закріплені на осі – 19

важеля та осі – 20 кронштейна так, що їх поздовжні осі при не ввімкненій муфті знаходяться під кутом до перпендикулярної до осі вала радіальної осі кронштейна по правий бік, а при ввімкненій – по лівий, що забезпечує фіксацію інерційного диска і ведучого натискного диска відповідно в холостому або робочому положеннях. Муфта закрита кожухом – 21.

Принцип роботи цієї муфти такий. До початку обертання ведучого вала вона знаходиться в розімкнутому стані. При обертанні ведучого вала з частотою холостого ходу сили пружності силових пружин розтягу через важелі утримують інерційний диск і ведучий натискний диск у початковому стані. Зі збільшенням частоти обертання ведучого вала інерційний диск під дією сили інерції своєї маси, яка стає більшою сил пружності силових пружин розтягу, за допомогою косою шліцьового з'єднання на циліндричній поверхні корпуса, зміщується в сторону веденого диска. При цьому, одночасно з інерційним диском, в сторону веденого диска на шліцах корпуса зміщується і ведучий натискний диск, на який через упорний підшипник кочення і важелі, закріплені на кронштейні, діє сила інерції маси інерційного диска. В момент руху інерційного диска та ведучого натискного диска силові пружини розтягу переходять перпендикулярну до осі вала радіальну вісь кронштейна і ведучий натискний диск входить у контакт з правою фрикційною накладкою веденого диска, а при подальшому переміщенні ведучого натискного диска, ліва фрикційна накладка – з боковою поверхнею маховика, тобто між ведучим натискним диском, маховиком та фрикційними накладками веденого диска виникають сили тертя, які приводять в обертальний рух ведений диск, а через нього та шліцьове з'єднання – ведений вал.

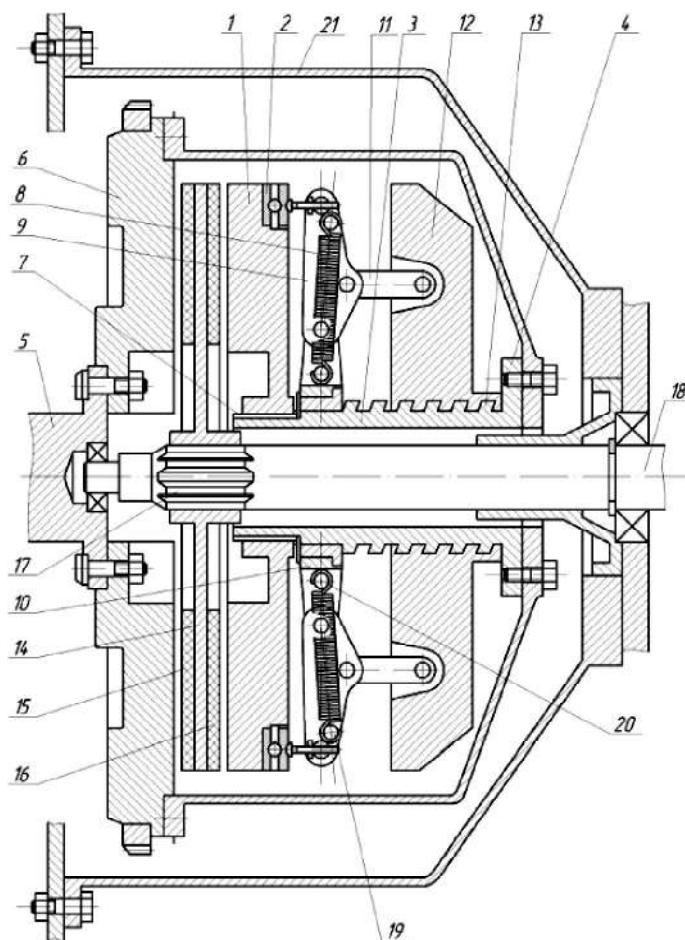


Рисунок 3 – Муфта зчеплення інерційно-фрикційна однодискова

Силові пружини розтягу фіксують ведучий натискний диск в робочому положенні та забезпечують передачу обертального моменту від ведучого до веденого вала. В процесі

роботи муфти, за рахунок сил пружності силових пружин розтягу, компенсується спрацювання фрикційних накладок веденого диска та забезпечується передача енергії двигуна з частотами обертання валів у межах від холостих до робочих режимів.

Для роз'єднання муфти ведучому валу, на дуже короткий проміжок часу, надається частота обертів більша частоти обертів, з якими він обертається в даний момент, а далі різко вони зменшуються. При різкому зменшенні обертів ведучого вала інерційний диск під дією сили інерції своєї маси, пересилюючи сили пружності силових пружин розтягу, зміщується в сторону від веденого диска і через важелі фіксується пружинами в неробочому положенні. Завдяки цьому між фрикційними накладками веденого диска та поверхнями маховика і ведучого натискного диска виникають зазори і муфта роз'єднує кінці валів.

Муфта зчеплення автоматична інерційно-фрикційна, що наведена на рис. 4, за конструкцією та принципом роботи подібна до попередньої. Вона відрізняється від неї тільки специфічним виконанням важелів і розміщенням тяг, що істотно покращує технічні та експлуатаційні характеристики стосовно надійності вмикання та вимикання муфти. Детальний опис її будови наводити тут немає потреби, він є в [10].

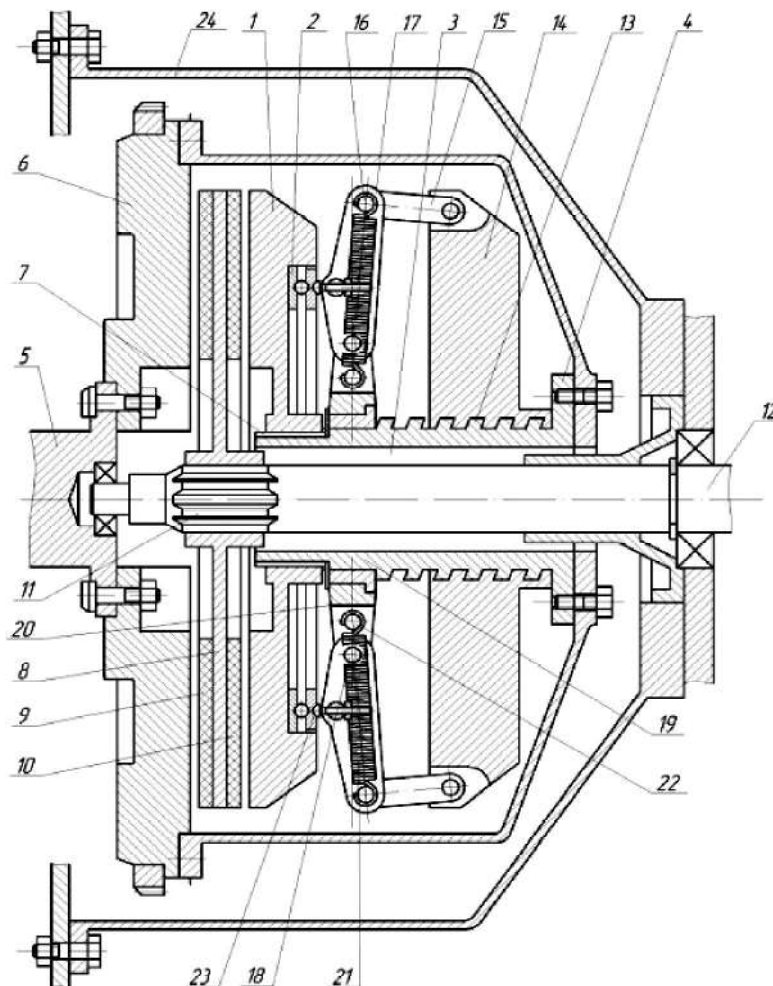


Рисунок 4 – Муфта зчеплення автоматична інерційно-фрикційна покращених характеристик

Основною відмінністю запропонованих муфт є те, що вони забезпечують автоматичне їх вмикання і вимикання без механічного механізму керування та передачу енергії двигуна до робочого органу на робочому і холостому ході ведучого вала шляхом використання інерційності мас елементів муфт, що покращує їхні експлуатаційні і технологічні характеристики. Зрозуміло, що основними вимогами до конструкцій таких пристроїв вважаються якість керування муфтою зчеплення і особливо на режимах початкового руху і розгону автомобіля, стабільність робочих характеристик муфти та

надійність в роботі. Одним з основних режимів роботи автоматичної муфти зчеплення є процес з'єднання двигуна з його трансмісією на початку руху машини.

Приміром [7], процес зрушення з місця автомобіля описується диференціальним рівнянням

$$J_a \frac{d\omega_a}{dt} = M_{зч} - M_0, \quad (1)$$

де J_a – момент інерції рухомих мас автомобіля; $\frac{d\omega_a}{dt}$ – кутове прискорення первинного вала коробки передач; $M_{зч}$ – момент сил тертя муфти зчеплення; M_0 – приведений до первинного вала коробки передач момент опору руху автомобіля.

Із (1) видно, що для розрахунку параметрів муфти, потрібно мати значення основних чинників двигуна та машини в цілому, тобто тоді не важко установити закон зміни моменту тертя поверхонь дотику муфти зчеплення в функції кутової швидкості колінчастого вала $M_{зч} = f(w)$. А за умовою плавності зрушення та розгону потрібно знати закон зміни моменту тертя муфти зчеплення в часі $M_{зч} = f(t)$. Тому, щоб проаналізувати процес зрушення машини, потрібно побудувати графік залежності кутової швидкості первинного вала коробки передач w_a від часу, тобто $w_a = f(t)$. Для цього використовують залежність обертального моменту двигуна M_0 від кутової швидкості його вала w у вигляді графіків, які отримують при випробовуваннях двигунів на стендах при усталених режимах обертання колінчастого вала.

Неусталений режим роботи двигуна описується рівнянням таким

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_{зч}, \quad (2)$$

де J – зведений до колінчастого вала момент інерції рухомих мас двигуна.

Звичайно, для отримання точніших розрахунків, необхідно на стенді визначити еквівалентний момент інерції двигуна $J_{екв}$ при миттєвому ступінчастому відкриванні дросельної заслінки, вимірюючи при цьому кутове прискорення двигуна $\frac{d\omega}{dt}$ тому, що на практиці під час розгону двигуна прискорення зазвичай менше за розрахункове (2).

У подальшому послідовність аналізу така. Для розв'язування (1) необхідно знати $M_{зч} = f(t)$, тому попередньо визначається $w = f(t)$ з рівняння (2) для заданих характеристиках двигуна $M_0 = f(w)$ та моменту сил тертя в автоматичній муфті зчеплення $M_{зч} = f(w)$. Підставивши отримане значення $w = f(t)$ в $M_{зч} = f(w)$, визначається $M_{зч} = f(t)$, що необхідно для розв'язку рівняння (1) і визначення закономірності зміни кутової швидкості первинного вала коробки передач в часі.

Відтак, за викладеною методикою можна установити основні закономірності, які визначають процес зрушення автомобіля з місця з автоматичною муфтою зчеплення.

Тепер можна визначити час вмикання автоматичної муфти зчеплення $t_{вмк}$, тобто той відрізок часу, на протязі якого відбувається проковзування її поверхонь тертя і кутова швидкість первинного вала коробки передач w_a збільшується до кутової швидкості колінчастого вала двигуна w

$$t_{вмк} = t_p + t_0, \quad (3)$$

де t_p – час розгону машини, на протязі якого відбувається збільшення кутової швидкості w_a від нуля до кутової швидкості колінчастого вала двигуна w_1 ; t_0 – час, на протязі якого в автоматичній муфті зчеплення обертальний момент збільшується від нуля до величини M_0 . Ці відрізки часу легко розрахувати за відомою методикою [1, 7], де наведено аналітичний вираз для аналізу роботи сил тертя в муфті при зрушенні автомобіля з місця, який є дійсним для даного випадку

$$A_T = \int_0^{t_{\text{вмк}}} (w - w_a) dt. \quad (4)$$

Окрім того, при проектуванні автоматичної інерційно-фрикційної муфти зчеплення доцільно також використати залежність між швидкістю руху автомобіля і кутовою швидкістю первинного вала коробки передач за умови відсутності проковзування поверхонь тертя в муфті

$$V_a = 3,6r_k w_a / i_k i_0, \quad (5)$$

де i_k , i_0 – передаточні числа вищої та головної передач коробки; r_k – радіус колеса автомобіля.

За умови запобігання проковзування поверхонь тертя в муфті при мінімальній швидкості автомобіля $w_l = w_a$. Тоді з урахуванням цієї умови з (5) визначається кутова швидкість колінчастого вала w_l

$$w_l = V_a i_k i_0 / 3,6r_k. \quad (6)$$

За відомим значенням w_l із характеристики двигуна $M_d = f(w)$, визначається максимальний обертальний момент $M_{зч} = M_l$, який може бути реалізований муфтою на початку руху. Для цього потрібна умова $M_l > M_d$.

Важливою особливістю інерційно-фрикційних муфт є те, що вони мають одну і ту ж характеристику $M_{зч} = f(w)$ на всіх передачах коробки передач. Це потрібно враховувати під час їх проектування.

Із розроблених конструкцій муфт і попереднього їх аналізу випливають такі

ВИСНОВКИ:

1. На етапі проектування автоматичної інерційно-фрикційної муфти зчеплення необхідно вирішувати таких проблем: досягнення в них максимального моменту тертя на початку руху, що сприяє задовільній динаміки розгону транспортного засобу; забезпечення зрушення його з місця при значному опорі руху M_0 , а також запобігання проковзування поверхонь тертя в муфті під час русу на вищих передачах з малими швидкостями v_a .

2. Для вирішення цих проблем необхідно, щоб характеристика автоматичної інерційно-фрикційної муфти зчеплення $M_{зч} = f(w)$ мала петлю гістерезису, яка є наслідком сухого тертя в муфті зчеплення. Вона зменшує ймовірність проковзування поверхонь тертя в муфті зчеплення при русі машини на вищих передачах з малими швидкостями v_a .

3. Однак при цьому слід враховувати, що при широкій петлі гістерезису можливе не повне вимикання муфти зчеплення під час гальмування транспортного засобу до повної його зупинки.

4. Результати виконаної роботи є важливим підґрунтям для подальших досліджень стосовно покращення експлуатаційних характеристик автоматичних інерційно-фрикційних муфт та провадження їх у приводах транспортних засобів.

Напрямки подальших досліджень розроблених муфт:

1. Динаміка транспортного засобу із трансмісією оснащеною інерційно-фрикційною муфтою без механізму керування.

2. Методи аналізу умов функціонування інерційно-фрикційних муфт.

3. Точність вмикання та вимикання муфт і вплив на це режиму експлуатації транспортного засобу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобильный справочник. – М. : ЗАО «КЖИ». За рулем, 2004. – 992 с.

2. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 1979-1982. – Т. 1. – 728 с. ; Т. 2. – 559 с. ; Т. 3. – 557 с.
3. Иванов Е. А. Муфты приводов / Е. А. Иванов – М. : Машгиз, 1959. – 348 с.
4. Малащенко В. О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В. О. Малащенко – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2006. – 196 с. ; 2009. – 208 с.
5. 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.
6. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин / В. Т. Павлице – К. : Вища школа, 1993. – 556 с. ; Львів : Афіша, 2003. – 558 с.
7. Румянцев Л. А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений / Л. А. Румянцев – М. : «Машиностроение», 1975. – 176 с.
8. Пат. 81687 Україна, МПК F16D13/00, F16D43/00. Спосіб передачі крутного моменту та фрикційна муфта для здійснення способу / Каргузов А. О., Бутенко О. К., Старченко А. Г. ; заявник і власник патенту Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. Янгеля». – а200601787; заявл. 20.02.06; опубл. 25.01.08. Бюл. № 4.
9. 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. ; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u201005421; заявл. 05.05.10; опубл. 10.11.10. Бюл. № 21.
10. Пат. 69505 Україна, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна дискова / Малащенко В. О., Федорук В. А., Стрілець В. М., Гнатюк Д. Ю.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u201113912; заявл. 25.11.11; опубл. 25.04.12

Малащенко В.А., Федорук В.А., Стрелец В.Н. ПРИНЦИП ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ИНЕРЦИОННО-ФРИКЦИОННЫМИ МУФТАМИ И ИХ АНАЛИЗ

Рассмотрено устройство и принцип действия новых инерционно-фрикционных муфт с выполнением предварительного анализа условий и необходимых параметров для надежного их включения и выключения вовремя любых режимов работы. Предложено методика проектирования этих муфт с учетом особенностей процесса управления без соответствующего механизма.

Ключевые слова: инерционные муфты, муфты, передача энергии.

Malashenko V.O., Fedoruk V.A., Strilets V.M. PRINCIPLE OF ENERGY TRANSFER ENGINE-friction MUFTAMY INERTIAL AND ANALYSIS

We describe the structure and principle of the new inertia-friction clutches of conducting a preliminary analysis of conditions and parameters necessary to secure their power on and off during different modes of operation. The method of designing such couplings in view for process control without a mechanism.

Keywords: inertial couplings, clutches, the transfer of energy.