

АВТОМАТИЧНІ ІНЕРЦІЙНО-ФРИКЦІЙНІ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ПРИНЦИП ПЕРЕДАВАННЯ ЕНЕРГІЇ

Малашенко В.О., *Федорук В.А., *Стрілець В.М.

Національний університет «Львівська політехніка»

*Національний університет водного господарства та природокористування

Розглянуто будову та принцип дії автоматичних муфт транспортних засобів підвищених технічних характеристик, що здійснюють свої вмикання та вимикання за рахунок сил інерції мас їх елементів. Застосування таких пристроїв суттєво спрощує процес керування будь-яким транспортним засобом, що обладнане двигуном внутрішнього згоряння.

Ключові слова: інерційні муфти, муфти, передавання енергії.

Вступ. Підвищення технічних характеристик автоматичних муфт транспортних засобів, які крім основних функцій, мають спростити конструкції існуючих подібних пристроїв за рахунок використання інерційності мас елементів ведучої напівмуфти в різноманітних умовах експлуатації, є першочерговою потребою машинобудування.

Актуальність роботи. На основі аналізу способів передачі енергії від вала двигуна внутрішнього згоряння на трансмісію транспортного засобу і конструкцій муфт, описаних у роботах [1, 2], розроблений новий спосіб передачі обертального моменту [3]. Суть цього способу полягає в тому, що контакт ведучої та веденої напівмуфт і створення тертя між ними виконується осьовою силою, яка виникає за рахунок інерційності мас елементів, встановлених на ведучому валу на косих шліцах або несамогальмівній нарізі. Запропонований спосіб передачі енергії є актуальним тому, що забезпечує автоматичне плавне з'єднання кінців валів, що передають обертальний момент від мінімального до максимального значення і підтримують його на визначеному рівні потрібний проміжок часу в різноманітних умовах експлуатації транспортного засобу.

Постановка задачі. Важливою задачею є розробка прогресивних конструкцій автоматичних муфт зчеплення транспортних засобів відповідно до існуючих вимог їх працездатності в різноманітних умовах експлуатації з покращеними технічними характеристиками.

Виклад основного матеріалу. На основі вказаного способу передачі енергії від вала двигуна внутрішнього згоряння на його трансмісію, на даний час розроблені автоматичні інерційно-фрикційні муфти зчеплення [4...11]. Тут наведено конструктивні особливості та принцип роботи окремих із них.

Муфта зчеплення інерційно-фрикційна дискова [4] (рис. 1) складається з лівого 1 і правого 2 ведучих натискних дисків, з'єднаних з циліндричними поверхнями 3 та 4, відповідно лівого 5 та правого 6 корпусів, співвісно закріплених на маховику 7 за допомогою несамогальмівних нарізей правої 8 та лівої 9, витки яких направлені в протилежну сторону обертання ведучого вала 10, з закріпленням на ньому маховиком 7 та веденого диска 11, встановленого на

веденому валу 12 за допомогою шліцьового з'єднання 13 і підпружиненого рівносілними тарілчастими пружинами 14 і 15 з обох сторін. Ведений диск 11 підпружинений на веденому валу 12 рівносілними пружинами 16 і 17 з обох сторін, що дозволяє при вмиканні муфти компенсувати нерівномірність спрацювання фрикційних накладок 18 і 19 на веденому диску 11. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна дискова закрита кожухом 20, закріпленим на корпусі 21.

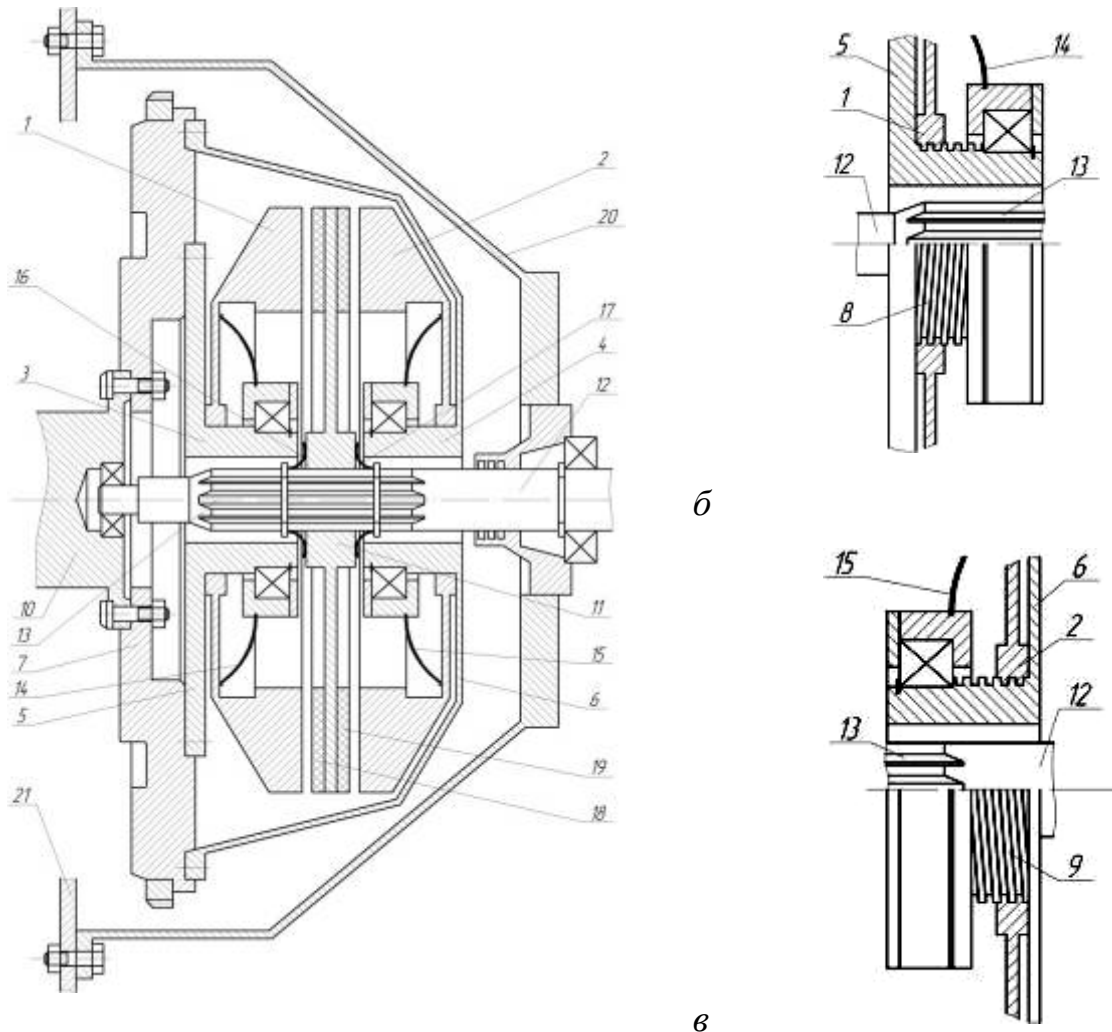


Рисунок 1 - Муфта зчеплення інерційно-фрикційна дискова:
a - загальний вигляд муфти; *б* – розміщення лівого натискного диска на циліндричній поверхні лівого корпусу; *в* – розміщення правого натискного диска на циліндричній поверхні правого корпусу

Принцип роботи муфти зчеплення інерційно-фрикційної дискової такий. До початку обертання ведучого вала, вона знаходиться в початковому стані, як показано на рис. 1, *a*. При обертанні ведучого вала з частотою обертів холостого ходу сили пружності тарілчастих пружин продовжують утримувати, відповідно, лівий і правий натискні диски в початковому положенні та унеможливають їх переміщення в сторону веденого диска. При збільшенні обертів вала лівий і правий натискні диски під дією сил інерції їх мас, які стають більшими сил пружності тарілчастих пружин за допомогою несамогальмівних нарізей правої і

лівої на циліндричних поверхнях корпусів зміщуються в сторону веденого диска до контакту з фрикційними накладками. Між натискними дисками та фрикційними накладками веденого диска виникають сили тертя, які приводять в рух ведений диск, а через нього та шліцьове з'єднання обертається і ведений вал. Збільшенням швидкості обертання ведучого вала досягають збільшення сил інерції мас лівого і правого натискних дисків, а відповідно, збільшення сили тертя між натискними дисками та фрикційними накладками веденого диска, що і забезпечує передачу потрібної енергії.

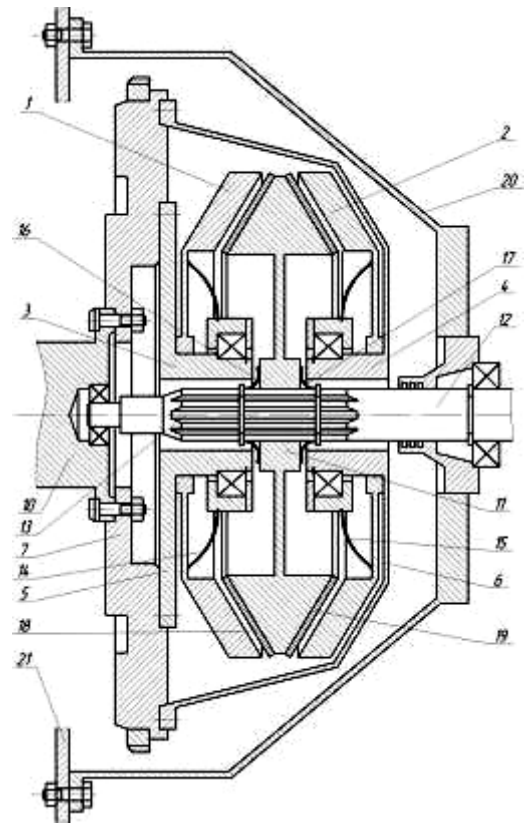
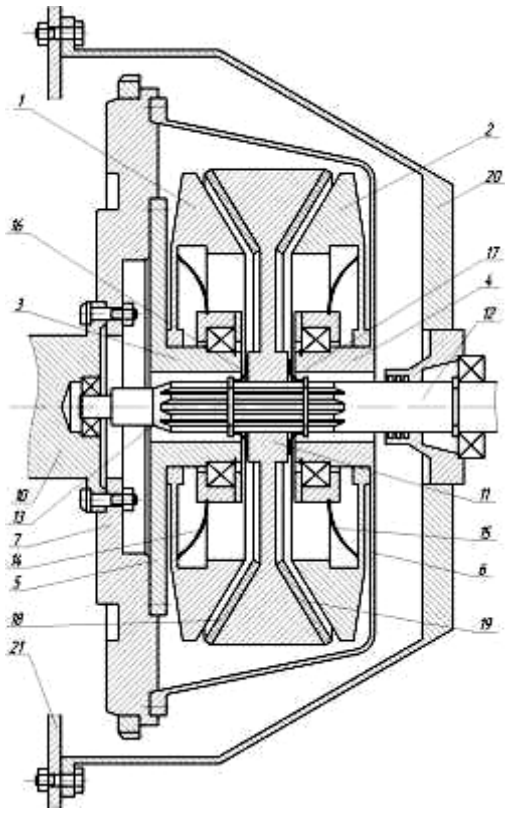
При зменшенні обертів ведучого вала до холостого ходу, або при його зупинці, натискні диски, під дією сил пружності тарілчастих пружин за допомогою правої і лівої нарізей, повертаються в початкове положення і муфта роз'єднується, тобто енергія не передається від ведучого вала до веденого.

Завдяки підпружиненню веденого диска рівносілними пружинами з обох сторін, з'єданого з веденим валом шліцьовим з'єднанням, забезпечується компенсація спрацювання фрикційних накладок, що свою чергою підвищує надійність та довговічність муфти.

За аналогічною конструкцією і принципом роботи, з метою підвищення несучої здатності муфти за рахунок можливості передачі більших обертальних моментів, розроблено муфти з фігурними контактними поверхнями ведучих натискних і веденого дисків [5, 6, 7] (рис. 2).

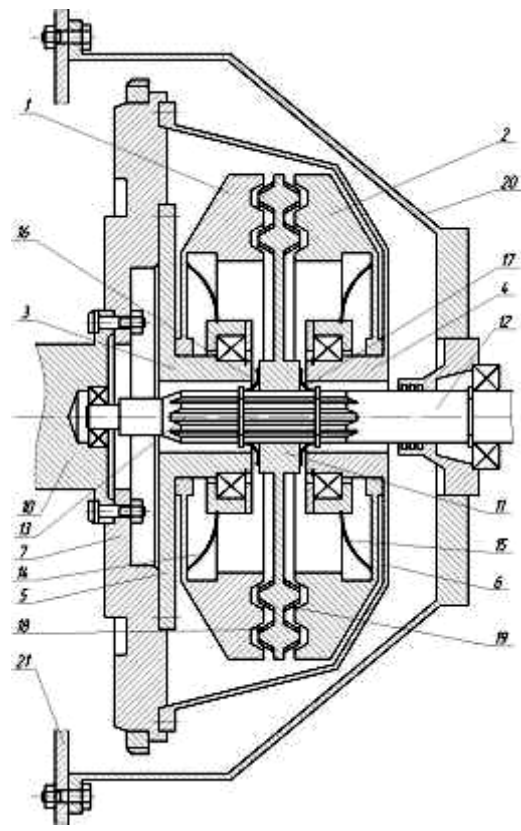
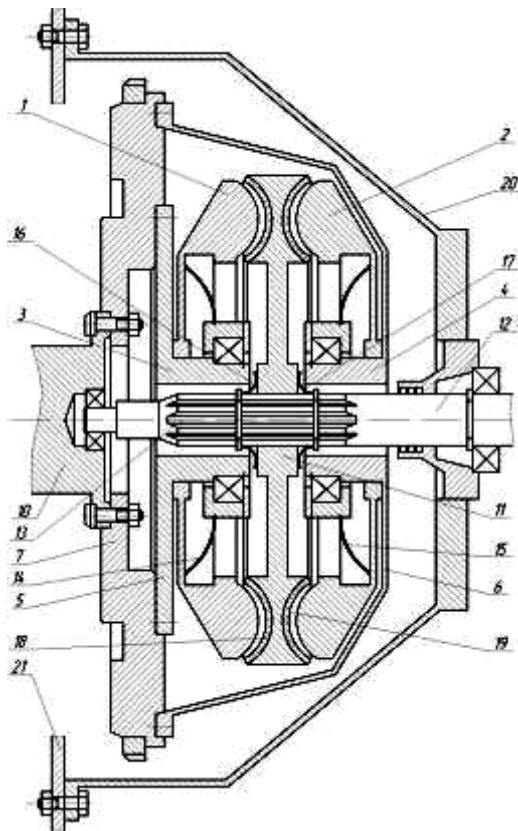
Їхня будова та принцип роботи подібні до попередньої муфти. Відмінністю є тільки те, що за рахунок змінених контактних поверхонь ведучих натискних і веденого дисків такі муфти можуть передавати істотно більшу енергію.

У таких конструкціях муфт зчеплення нормально розімкнутого типу обертальний момент, що передається від ведучого вала на трансмісію машини, у меншій мірі залежить від величини спрацювання фрикційних накладок веденого диска та числа вимикань муфти, а визначається тільки зусиллям притискання ведучого та веденого дисків. Тому для збільшення сили притискання ведучого та веденого дисків були розроблені конструкції муфт зчеплення з фігурними профілями площин притискання, в яких за рахунок клинового ефекту, може передавати істотно більший обертальний момент ніж традиційною дисковою муфтою. Крім того, до переваг муфт зчеплення з фігурними профілями площин притискання можна зарахувати і добре розчеплювання напівмуфт, а личкування робочої поверхні веденого диска матеріалами, що мають підвищений коефіцієнт тертя, сприяє збільшенню сили тертя між робочими поверхнями дисків.



6

a



а

б

Рисунок 2 - Муфти зчеплення інерційно-фрикційні з фігурними контактними поверхнями ведучих натискних і веденого дисків:

а – конусні поверхні виконані до середини; *б* – конусні поверхні виконані від середини; *в* – торові поверхні; *г* – клинові поверхні

Муфта зчеплення інерційно-фрикційна [8] (рис. 3) за конструкцією та принципом роботи подібна до попередніх та відрізняється від них тим, що для повернення ведучих натискних дисків в початкове положення при зменшенні обертів ведучого вала до обертів холостого ходу або його зупинці використовується пакет фігурних пружин кручення. Цей пакет забезпечує більш плавне з'єднання контактних поверхонь ведучих натискних і веденого дисків та зменшення габаритів самої муфти. Прототипом цієї муфти є також попередні муфти (рис. 1 і 2). Вона складається із: лівого 1 і правого 2 ведучих натискних дисків, з'єднаних між собою по зовнішніх діаметрах через підшипники кочення 3 і 4 та охоплюючі кільця 5 і 6 пакетом рівномірно розміщених і закріплених на цих кільцях фігурних пружин кручення 7, а по внутрішніх діаметрах зв'язані з циліндричними поверхнями 8 та 9 ведучого вала 10 та корпуса 11 за допомогою шліцьових з'єднань 12 і 13, шліці яких виконані під кутом до поздовжньої осі ведучого вала 10 в напрямку протилежному напрямку обертання ведучого вала 10 з закріпленим на ньому маховиком 14 та веденого диска 15 з фрикційними накладками 16 і 17, встановленого на веденому валу 18 за допомогою шліцьового з'єднання 19. Муфта закрита кожухом 20, закріпленим на блоку 21 двигуна внутрішнього згоряння.

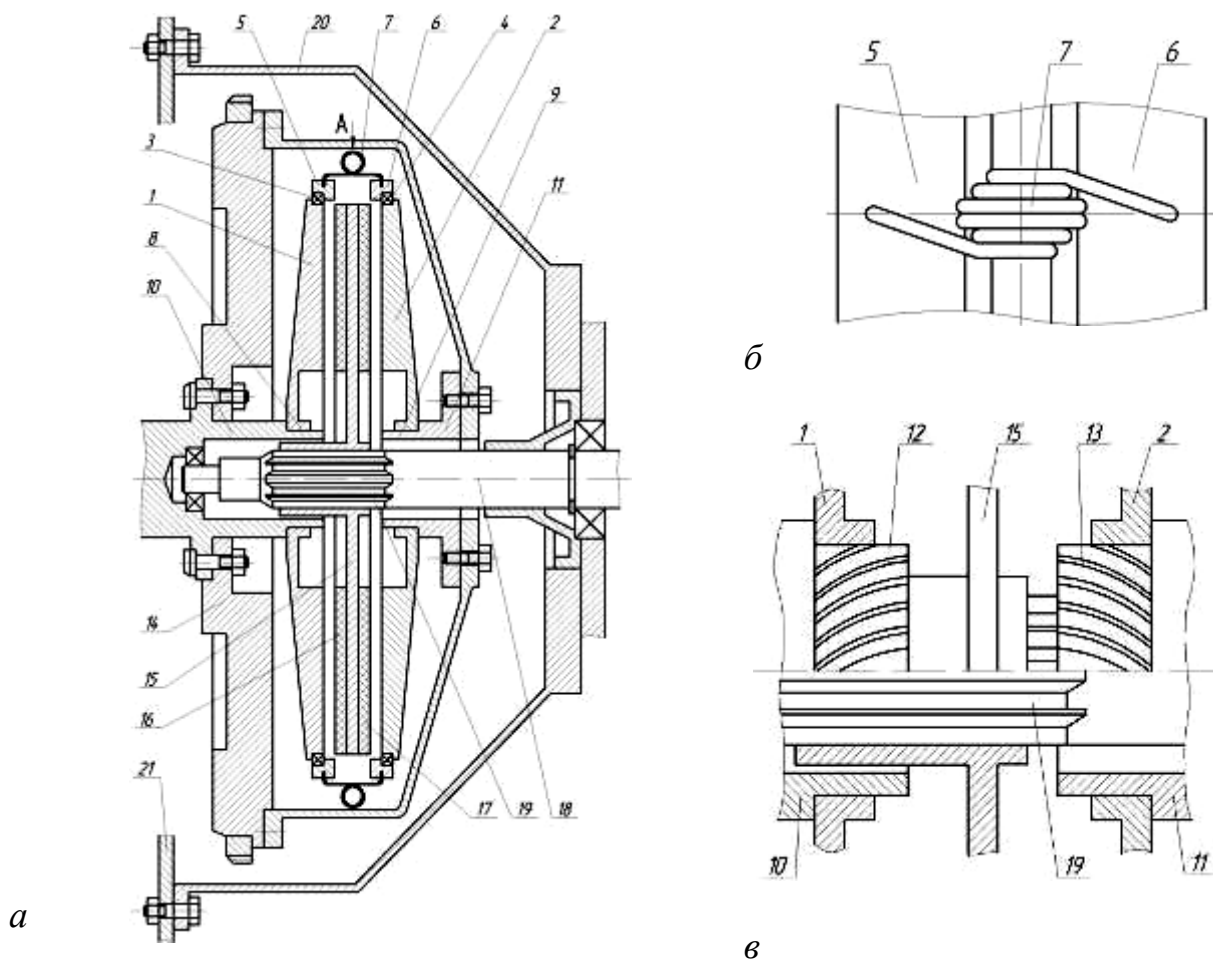


Рисунок 3 - Муфта зчеплення інерційно-фрикційна:

a – загальний вигляд; *б* – вигляд фігурної пружини кручення; *в* – розміщення натискних дисків на циліндричних поверхнях ведучого вала

Виконання фігурних пружин кручення 7 у формі циліндричних пружин, діаметр яких зменшується від середини в осьовому напрямку назовні, забезпечує їх плавне закручування та розкручування, а відповідно плавне вмикання та вимикання муфти.

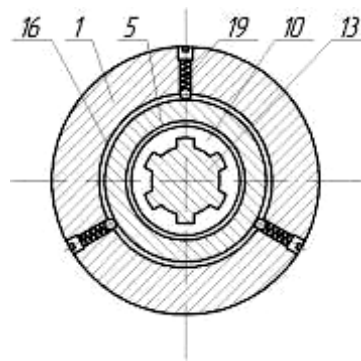
Принцип роботи цієї муфти має деякі особливості у порівнянні з попередніми. Це пояснюється наявністю пружин кручення та відбувається за такою послідовністю. До початку руху ведучого вала муфта зчеплення інерційно-фрикційна дискова знаходиться в роз'єднаному стані, як показано на рис. 3, *a*. При обертанні ведучого вала з частотою обертів холостого ходу, сили пружності пакета фігурних пружин кручення утримують відповідно лівий і правий натискні диски в початковому положенні та унеможливають їх переміщення в сторону веденого диска, розміщеного на веденому валу і з'єднаного з ним шліцями.

При збільшенні обертів ведучого вала лівий і правий натискні диски під дією сил інерції їх мас, які стають більшими сил пружності пакета фігурних пружин кручення за допомогою косих шліцьових з'єднань на циліндричних поверхнях ведучого вала і корпусу зміщуються в сторону веденого диска до контакту з його фрикційними накладками, що і забезпечує передачу максимального обертального моменту з ведучого на ведений вал.

При зменшенні обертів ведучого вала до обертів холостого ходу, або при його зупинці, натискні диски, під дією сил пружності пакету фігурних пружин кручення за допомогою косих шліцьових з'єднань, повертаються в початкове положення і муфта роз'єднується, тобто обертальний момент не передається.

Подібно до конструкції муфти (рис. 1), розроблена та запатентована також муфта інерційно-фрикційна дискова [9], що наведена на рис. 4.

Основні конструктивні її особливості полягають в тому, що для фіксації ведучих натискних дисків у робочому і в розімкненому положеннях, передбачені кулькові фіксатори, а для обмеження ходу і зменшення удару боковими поверхнями ведучих натискних дисків при роз'єднанні муфти, на гладких циліндричних поверхнях ведучого вала встановлені демпферні кільця. Такі суттєві конструктивні особливості вимагають опису будови цієї муфти. Муфта (рис. 4) складається з лівого 1 і правого 2 ведучих натискних дисків, з'єднаних з циліндричними поверхнями 3 та 4, відповідно, ведучого вала 5 та корпуса 6, співвісно закріпленого на маховику 7 за допомогою косих шліцьових з'єднань 8 та 9, кут нахилу шліців яких направлений в протилежну сторону обертання ведучого вала 5 з закріпленим на ньому маховиком 7 та веденого диска 10 з фрикційними накладками 11 і 12, встановленого на веденому валу 13 за допомогою шліцьового з'єднання 14. Крім того, на гладких циліндричних поверхнях ведучого вала 5 та корпуса 6 по їх зовнішніх діаметрах виконані, відповідно канавки 15 і 16 та 17 і 18 для фіксації за допомогою кулькових фіксаторів 19 і 20 ведучих натискних дисків 1 та 2 в робочому і холостому режимах. Для обмеження ходу і зменшення дії удару боковими поверхнями ведучих натискних дисків 1 і 2 під час



б

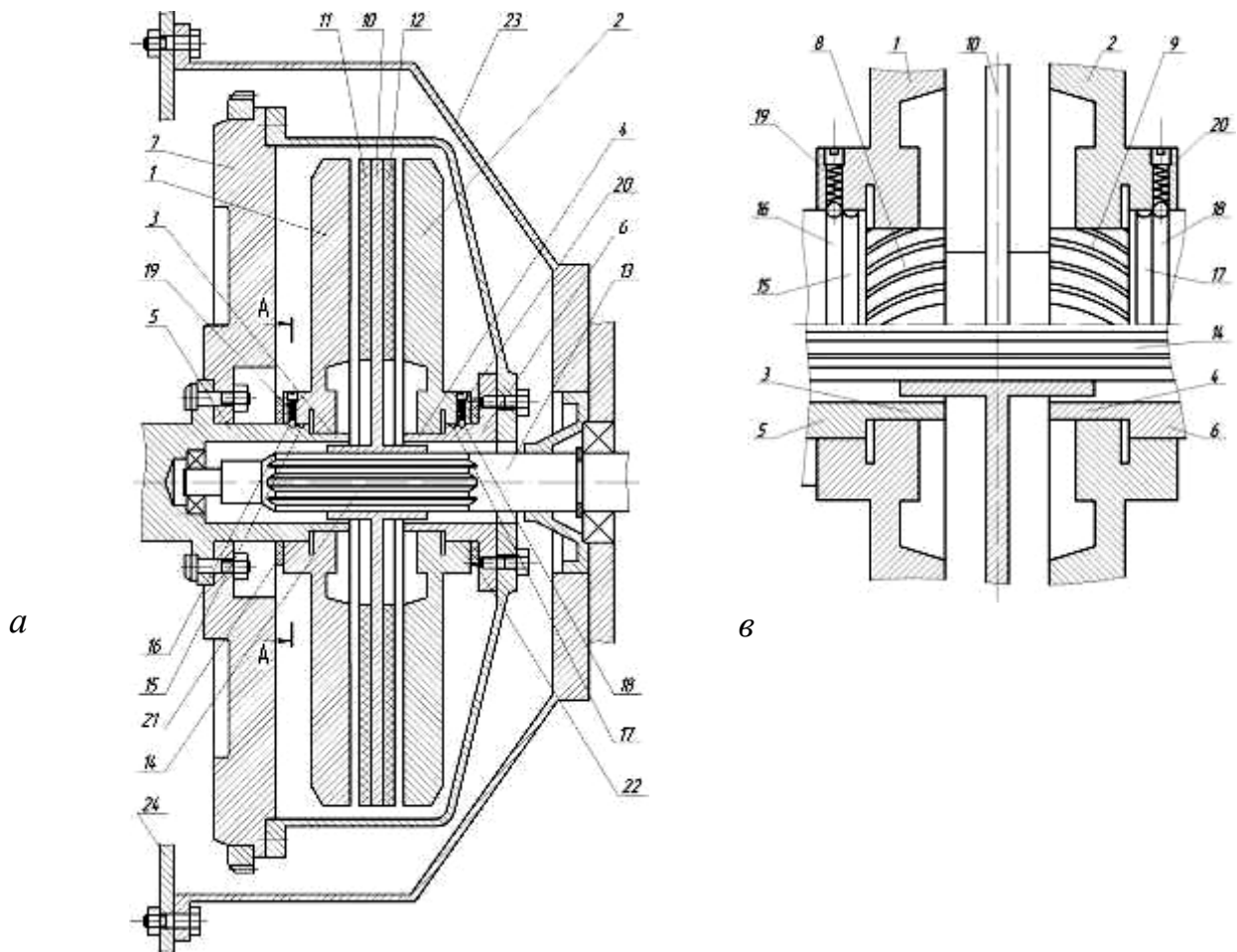


Рисунок 4 - Муфта зчеплення інерційно-фрикційна:

a – загальний вигляд муфти; *б* – фіксатори для фіксації ведучих натискних дисків; *в* – розміщення натискних дисків на циліндричних поверхнях ведучого вала

роз'єднання муфти, на гладких циліндричних поверхнях ведучого вала 5 і корпуса 6 встановлені демпферні кільця 21 і 22. Муфта також закрита кожухом 23, що закріплений на блоку 24.

Особливості її принципу роботи такі. До вмикання двигуна, муфта знаходиться в роз'єданому стані, як показано на рис. 4. Під час обертання ведучого вала з частотою обертів холостого ходу сили пружності кулькових фіксаторів, які контактують з канавками ведучого вала та корпуса, утримують відповідно лівий і правий натискні диски в початковому положенні та унеможливають їх переміщення на ведучому валу і корпусі відповідно, в сторону веденого диска. Зі збільшенням обертів вала натискні диски під дією сил інерції їх мас, які стають більшими сил пружності кулькових фіксаторів, за допомогою косих шліцьових з'єднань, шліци яких направлені в сторону протилежну напрямку обертання ведучого вала і виготовлені на циліндричних поверхнях ведучого вала і корпуса, зміщуються в сторону веденого диска до контакту з його фрикційними накладками. При цьому, ведучі диски фіксуються в такому положенні фіксаторами, що попадають в канавки ведучого вала і корпуса, відповідно. Між натискними дисками та фрикційними накладками веденого диска

виникають сили тертя, які приводять в рух ведений диск, а через нього та шліцьове з'єднання - ведений вал. Збільшенням обертів ведучого вала досягають підвищення сили натискних дисків, а відповідно і сил тертя між натискними дисками та фрикційними накладками веденого диска, що і забезпечує передачу максимального обертального моменту з ведучого на ведений вал трансмісії транспортного засобу.

Для надійного роз'єднання муфти частота обертання ведучого вала раптово збільшується, а потім швидко зменшується. Відповідно, при цьому ведучі натискні диски отримують певне прискорення, а при зменшенні обертів ведучого вала, продовжують обертатись під дією сил інерції своїх мас, які стають більшими сил пружності кулькових фіксаторів, і за допомогою косих шліцьових з'єднань, відходять від веденого диска, упираючись боковими поверхнями в демпферні кільця, які обмежують хід ведучих дисків та зменшують їх удари в маховик та корпус і фіксуються кульковими фіксаторами в канавках ведучого вала та корпусу. Муфта переходить у початковий стан.

Виконання канавок на ведучому валу та корпусі радіусом більшим ніж радіус кульок фіксаторів забезпечує гарантований контакт натискних ведучих дисків з фрикційними накладками веденого диска. Однак, кулькові фіксатори не забезпечують гарантований контакт натискних ведучих дисків з фрикційними накладками веденого диска після деякого зношування фрикційних накладок. Це є істотним недоліком таких муфт, що спонукало розроблення покращених конструкцій муфт, що наведені в роботах [10, 11] і мають підвищену надійність вмикання.

У цих муфтах подібно до наведених на початку переміщення інерційного диска, а відповідно і ведучого натискного диска вибираються зазори, як у механізмі автоматичного керування, так і між боковими поверхнями натискного ведучого диска, маховика та фрикційними накладками веденого диска. Холостий хід відбувається упродовж, коли напівмуфти не зчеплені. Після проходження холостого ходу s_x починається процес зчеплення напівмуфт (рис. 6), при цьому швидкість від максимальної зменшується до мінімальної, чим забезпечується плавність вмикання муфти, причому час вмикання муфти $t_{вм}$ менший часу зчеплення $t_{зч}$ (рис. 5), що зменшує вплив негативних факторів, таких як нагрівання поверхонь тертя ведучого натискного диска, маховика і фрикційних накладок.

Тобто в процесі вмикання інерційних муфт відбувається три етапи: холостий хід, робочий хід і хід фіксування, в процесі яких час неусталеного режиму роботи муфти зменшується, чим забезпечується м'яке та плавне вмикання муфти при одночасному зменшенні нагрівання поверхонь тертя муфти. Це ще раз підтверджує їх актуальність і потребу для транспортних засобів.

У процесі роботи муфт [10,11] сили пружності силових пружин розтягу ще і компенсують спрацювання фрикційних накладок та забезпечують передачу потрібної енергії двигуна, як при робочій частоті обертання, так і при обертах холостого ходу. Крім того, спрацювання фрикційних накладок можна компенсувати регульовальними гвинтами. Процес роз'єднання муфти здійснюється також подібно до попередніх муфт.

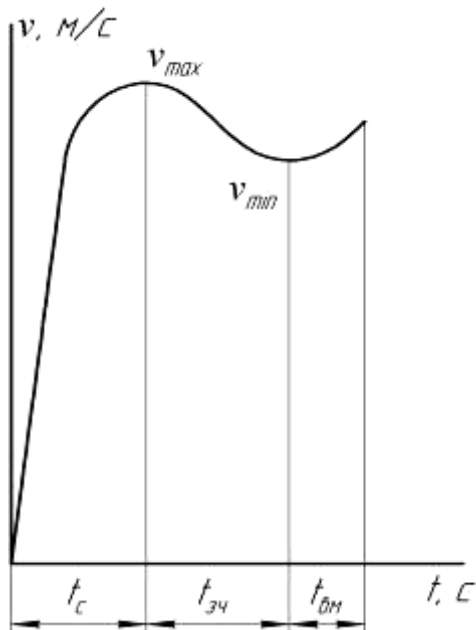


Рисунок 5 - Графічна залежність швидкості вмикання муфти від часу вмикання муфти: t_c – час холостого ходу; $t_{зч}$ – час зчеплення муфти; $t_{ом}$ – час вмикання муфт

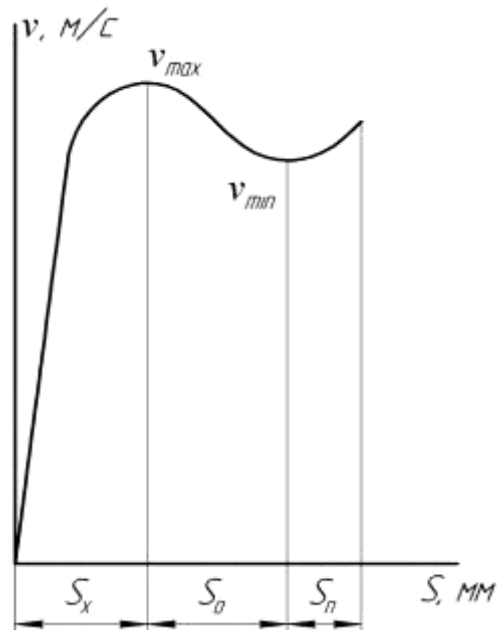


Рисунок 6 - Графічна залежність швидкості руху натискного диска від його ходу: s_x – холостий хід натискного диска; s_o – робочий хід натискного диска; s_p – хід фіксування муфти в робочому стані

Висновки

1. Розглянуто будову та принцип роботи нових запатентованих муфт автоматичного керування за рахунок використання інертності їх елементів. Проведено попередній аналіз часу вмикання та величини переміщення інерційних дисків в залежності від швидкості обертання ведучого вала.

2. Запропоновані муфти є прогресивними та важливими частинами кінематичних ланцюгів приводів різноманітних транспортних засобів, що обладнані двигунами внутрішнього згоряння та є об'єктами подальших досліджень з метою їх застосування на практиці.

Напрямки подальших досліджень розроблених муфт

1. Динаміка транспортного засобу із трансмісією оснащеною інерційно-фрикційною муфтою.
2. Розподіл зусиль між робочими поверхнями муфт.
3. Зносостійкість робочих поверхонь муфт і вплив на неї режиму експлуатації транспортного засобу.
4. Точність спрацьовування муфт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений. –М.: Машиностроение, 1975. -176с.
2. Пат.81687 Україна, МПК F16D13/00, F16D43/00. Спосіб передачі крутного моменту та фрикційна муфта для здійснення способу / Картузов А.О., Бутенко О.К., Старченко А.Г. 2008. Бюл. №4.
3. 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
4. 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., 2012, Бюл. №8.
5. Рішення про видачу патенту України на корисну модель від 03.05.12 згідно заявки u201114477 від 07.12.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна конусна / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.
6. Рішення про видачу патенту України на корисну модель від 03.05.12 згідно заявки u201114474 від 07.12.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна торова / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.
7. Рішення про видачу патенту України на корисну модель від 03.05.12 згідно заявки u201114476 від 07.12.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна клинчаста / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р. Гнатюк Д.Ю.
8. Заявка на патент України на корисну модель u2012 01464 від 13.02.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.
9. Заявка на патент України на корисну модель u2012 01535 від 13.02.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.
10. Заявка на патент України на корисну модель u2012 01505 від 13.02.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення інерційно-фрикційна одноступенева / Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.
11. Заявка на патент України на корисну модель u2012 01536 від 13.02.12, МПК F16D13/00, F16D13/38, F16D13/52, F16D43/00. Муфта зчеплення автоматична інерційно-фрикційна /Малащенко В.О., Федорук В.А., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.

Малашенко В.А., Федорук В.А., Стрелец В.Н. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ИНЕРЦИОННО-ФРИКЦИОННЫЕ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПРИНЦИП ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Рассмотрено устройство и принцип действия автоматических муфт транспортных средств повышенных технических характеристик, которые осуществляют свои включения и выключения за счет сил инерции масс их элементов. Применение этих устройств значительно упрощает процесс управления любым транспортирующим средством, которое укомплектовано двигателем внутреннего сгорания.

Ключевые слова: инерционные муфты, муфты, передача энергии.

Malashenko V.O., Fedoruk V.A., Strilets V.M. AUTOMATIC INERTIAL-FRICTION CLUTCH VEHICLE AND PRINCIPLE OF TRANSFER OF ENERGY

We consider the mechanism and operation of automatic couplings of vehicles increased performance, which shall exercise their power on and off due to the forces of inertia of the elements. The use of these devices greatly simplifies the management of any transporting vehicle, which is staffed with an internal combustion engine.

Keywords: inertial couplings, clutches, power transmission

Відомості про авторів:

Малашенко В.О. – д.т.н., професор кафедри деталей машин Національного Університету «Львівська політехніка» (м. Львів);

Федорук В.А. – інженер кафедри теплоенергетики та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Стрілець В.М. – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).