

УДК 621.833.65

Малашенко В.О., д.т.н.; Стрілець О.Р., к.т.н.; Стрілець В.М., к.т.н.
Національний університет "Львівська політехніка"

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ У ТЕХНІЦІ

Постановка проблеми. Під час виконання робіт підйомно-транспортними, будівельними, дорожніми, меліоративними машинами, автомобілями і тракторами, металообробними верстатами та іншими технічними засобами виникає потреба у керуванні процесом зміни швидкості їх робочого органу для забезпечення заданих технологічних операцій. Для цього часто використовують пристрої з дискретним і безступеневим керуванням швидкістю відповідно за допомогою відповідних коробок швидкостей, які мають прості та складні зубчасті передачі (диференціали), або ланцюгові, пасові та фрикційні варіатори.

Основними недоліками існуючого дискретного керування швидкістю є виникнення динамічних навантажень під час переходів з однієї швидкості на іншу, а традиційного безступеневого – інтенсивне спрацювання деталей внаслідок використання фрикційних зв'язків стрічкових, колодкових або дискових гальм та блокувальних фрикційних муфт. Це істотно впливає на зменшення довговічності і надійності деталей приводів і машин в цілому.

Тому актуальною науково-технічною задачею є розроблення нових комбінованих пристроїв для безступеневого керування процесом зміни швидкості у вигляді диференціальних передач з замкнутою гідросистемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Способи і пристрої дискретного, безступеневого та комбінованого керування швидкістю за допомогою подібних конструктивних виконань технічних засобів у певній мірі викладені в роботах [1-7]. Окрім того, розроблені нові пристрої [8-25] для безступеневого керування змінами швидкості за допомогою диференціальних передач і замкнутої гідросистеми.

Технічний розвиток цього напрямку ставить нову проблему з розроблення алгоритму та методики вибору раціонального способу і пристрою, який є найбільш придатним та економічним для даної машини. Це обумовлено відсутністю у підручниках, довідковій і спеціальній технічній літературі повної інформації про існуючі способи і пристрої для керування процесом зміни швидкості сучасних технічних засобів. Тому розроблення єдиної класифікації способів і пристроїв для керування процесом зміни швидкості у техніці є також актуальним завданням.

Метою роботи є створення нових способів і пристроїв керування процесом змінами швидкості машин, які усувають виявлені

недоліки традиційних, подати їхню класифікацію, що уможливило б раціональне використання їх у техніці. Це здійснюється на основі огляду існуючих способів і пристроїв керування зміною швидкості в техніці та аналіз їх недоліків.

Виклад основного матеріалу. В даній роботі пропонується класифікація способів керування процесом зміни швидкості у техніці, поділивши їх на класи з такими назвами: сходишковий (зубчасті коробки швидкостей, трензелі, гітари та інше); безсходишковий (пасовий і ланцюговий варіатори, фрикційні варіатори та інше); комбінований (комбінації сходишкових і безсходишкових пристроїв, диференціальні передачі з замкнутою гідросистемою та інше). Запропонована класифікація способів керування змінами швидкості у техніці наведена на рис. 1.



Рисунок 1 - Класифікація способів керування процесом зміни швидкості, ... місця для нових пристроїв

Наведемо опис деяких пристроїв, що вказаних у схемі класифікації (рис. 1) способів керування зміною швидкості у техніці і які є базовими для розробки нових.

Розглянемо деякі зубчасті коробки швидкостей, наведені в [1]. На рис. 2 показана будова коробки швидкостей крана КС-3561, яка служить для дискретної зміни швидкостей робочих операцій. Така коробка виконана як окремий агрегат, який встановлюється перед реверсивно-розподільним механізмом і кріпиться болтами до поворотної рами крана. Коробка двошвидкісна з постійним зачепленням прямозубих зубчастих коліс 11 і 19, а з валом 7 вони з'єднуються механізмом переключення 16. Всі основні деталі (2...20)

розміщені в корпусі 1 зі знімною кришкою, що кріпиться до корпуса болтами.

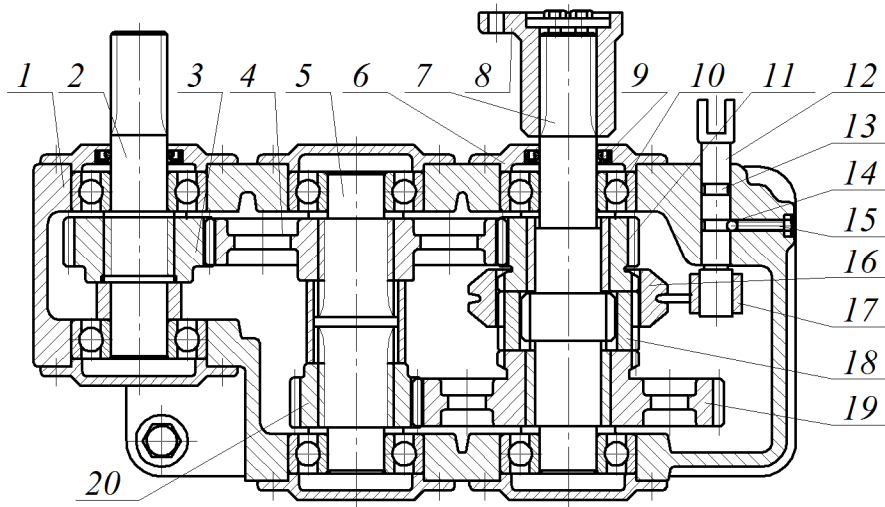


Рисунок 2 - Коробка передач крана КС-3561

Недоліками таких коробок є дискретність отриманої швидкості руху, виникнення динамічних навантажень під час переходу із одної швидкості на іншу, велика матеріалоемність та важкість їх автоматизації.

Проведений аналіз інших коробок передач, наприклад, п'ятиступеневої автомобіля МАЗ-5335, дев'ятиступеневої трактора МТЗ-50 показав, що вони мають подібні недоліки. Така обставина підтверджує існування проблеми стосовно покращення експлуатаційних характеристик цих відповідальних частин машин.

Конструкції та принципи роботи таких коробок передач повно описані в [1] і тому зупинятися на них тут немає потреби.

Дещо інші недоліки мають пристрої безступеневого керування процесом зміни швидкості. Для їх визначення проведено аналіз конструкції та принцип роботи варіатора типу ВР1, показаного на рис. 3, з широким клиновим пасом, який можна використовувати при модернізації приводів металорізальних верстатів [2].

В нижній частині корпуса 6 варіатора встановлений фланцевий електродвигун 12, на валу якого закріплений пустотілий шліцьовий валик 1, з яким жорстко зв'язаний права конус 11. Лівий конус 5 разом з втулкою 4 пересувається на цьому валику.

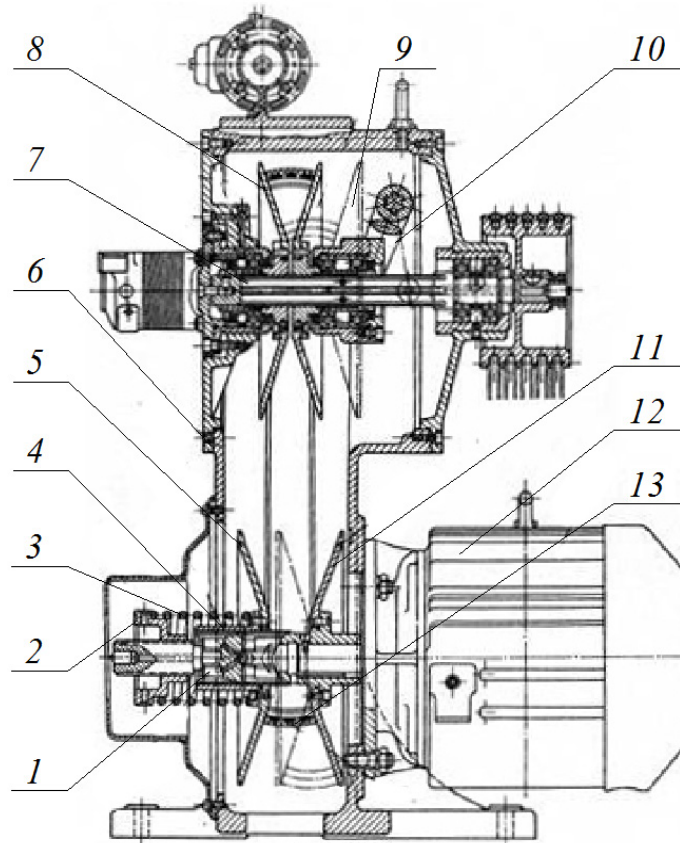


Рисунок 3 - Вариатор з клиновим пасом

У верхній частині корпуса вариатора розміщений ведений вал 7, на якому закріплений нерухомо лівий конус 8, а правий конус 9 з допомогою втулки 10 може пересуватися на його шліцах. Нижні ведучі і верхні ведені конуси охоплюються широким клиновим зубчастим пасом 13. Натяг паса здійснюється пружиною 3. Сила натягу регулюється гайкою 2. Плавна зміна швидкості обертання веденого вала вариатора здійснюється примусовим пересуванням конуса 9. При цьому клиновий пас змінює своє положення відносно конусів вариатора і тим самим змінюється його передавальне відношення. Крім наведеного вариатора застосовуються ланцюгові та фрикційні. У всіх цих пристроїв обертальний момент від ведучої ланки до веденої здійснюється за рахунок сил тертя між пасом та поверхонь конусів, що приводить до інтенсивного спрацювання деталей внаслідок використання фрикційних зв'язків.

Для порівняння недоліків проведено також аналіз роботи комбінованої коробки зміни швидкостей у вигляді гідротрансформатора [4,5], що застосовується для передачі обертального моменту від двигуна до вала робочого органу і дозволяє

автоматично та безступенево змінювати обертальний момент і кутову швидкість (рис. 4). Найчастіше використовується з автоматичними коробками швидкостей або варіаторами, в гідродинамічних трансмісіях автомобілів, автобусів, тракторах тощо. Основними деталями такого пристрою є насосне колесо 2, статор (реактор) 4, турбінне колесо 5 і механізм блокування, зібрані в загальному корпусі 1, розташованому на маховику двигуна, наприклад, автомобіля. Гідротрансформатор наповнений рідиною, яка активно переміщується при його роботі.

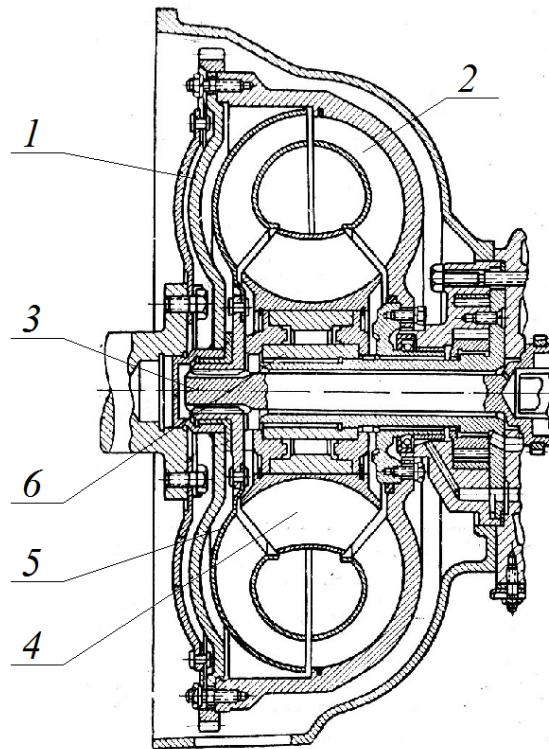


Рисунок 4 - Гідротрансформатор ГАЗ-13 «Чайка»

Внаслідок того, що передача обертального моменту всередині гідротрансформатора відбувається без жорсткого кінематичного зв'язку, виключаються ударні навантаження на трансмісію і автомобіль набуває потрібної плавності ходу.

Негативним ефектом гідротрансформатора є «проковзування» турбінного колеса по відношенню до насосного. Це приводить до підвищеного виділення тепла (на окремих режимах роботи гідротрансформатор може виділяти більше тепла, чим сам двигун) і збільшення витрати палива. Більш повно конструкція і принцип роботи гідротрансформатора описані у [5].

Беручи до уваги недоліки описаних та інших існуючих засобів, у роботах [8-25] розроблені нові пристрої для керування процесом

зміни швидкості у машинах за допомогою диференціальних передач з використанням замкнутої гідросистеми, що встановлюється на одній із керуючих ланок. Характерніший з варіантів такого пристрою, де керування здійснюється через епіцикл, наведений на рис. 5.

Така конструкція містить сонячне колесо 1, сателіт 2, епіцикл 3 і водило 4, що розміщені у корпусі 5. На корпусі закріплена замкнута гідросистема 6 і через зубчасту передачу 7 зв'язана з епіциклом. Замкнута гідросистема складається з шестіренчастого гідронасоса 8, трубопроводів 9, дроселя 10, запобіжного клапана 11 і бачка 12 для мастила.

У разі, коли ведучою ланкою є сонячне колесо і веденою – водило, а керування швидкістю виконується за рахунок епіцикла, який через зубчасту передачу приводить у рух шестіренчастий гідронасос і перекачує рідину в замкнутій гідросистемі, тоді регулювальний дросель відкритий. Якщо регулювальний дросель закритий, тоді і замкнута гідросистема замкнута, тобто шестіренчастий гідронасос зупинений і, при цьому, зубчасте колесо – епіцикл 3 зупинене. Таким чином, в залежності від пропускної здатності регулювального дроселя, швидкість зубчастого колеса – епіцикла змінюється і, при цьому, змінюється швидкість водила.

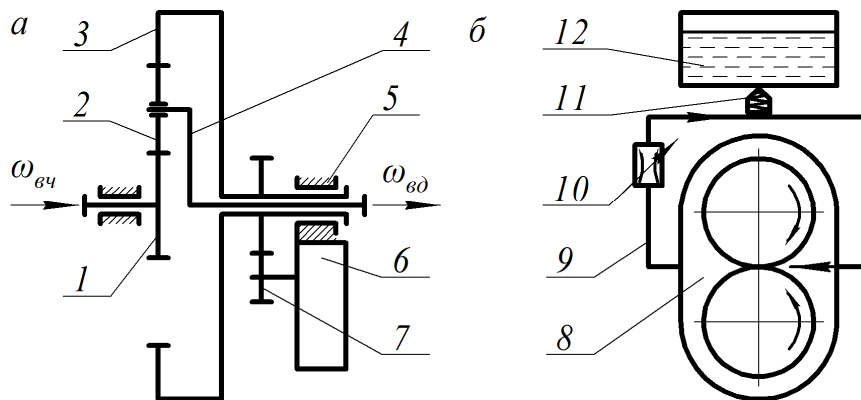


Рисунок 5 - Схема нової диференціальної передачі і замкнутої гідросистеми:

а – диференціальна передача з замкнутою гідросистемою; *б* – замкнута гідросистема

Для розширення діапазону керування процесом зміни швидкості в приводі різноманітних машин за рахунок зубчастої диференціальної передачі з пристроєм у вигляді замкнутої гідросистеми зубчаста диференціальна передача виконується з двох або більше ступенів, що з'єднуються між собою. Попередній аналіз функціонування запропонованих пристроїв підтверджує їх ефективність стосовно плавнішого руху робочого органу машини та зменшення динамічних навантажень внаслідок безступеневої зміни

його швидкості. Такі позитивні ознаки є суттєвими для підйомно-транспортної техніки.

ВИСНОВКИ

1. Запропонована класифікація уточнює інформацію про сучасні способи і пристрої для керування процесом зміни швидкості у техніці. Класифікація включає розроблені та запатентовані пристрої диференціальних передач з використанням замкнутої гідросистеми.

2. Запропоновані пристрої для безступеневого керування процесом зміни швидкості через диференціальні передачі з замкнутими гідросистемами дозволяють усунути недоліки існуючих способів і пристроїв та підвищують довговічність і надійність деталей приводів і машин в цілому.

3. Розроблені, запатентовані, наведені нові пристрої та результати попереднього аналізу їх функціонування можуть бути суттєвим підґрунтям для подальших досліджень з покращення роботи різноманітних технічних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грабар А.М. Атлас конструкцій агрегатів, вузлів та систем автомобіля / А.М. Грабар, Є.М.Рибалкін, Є.Г.Опанасюк, А.В.Ільченко. –Житомир: ЖІТІ, 1998. – 288 с.

2. Кучер А.М., А. Металлорежущие станки / А.М.Кучер, М.М. Киватицкий, А.А. Покровський. –М.-Л.: Машиностроение, 1985. – 284 с.

3. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач / С.А. Харитонов. – М.: Астрель АСТ, 2003. – 280 с.

4. Петров А.В. Планетарные и гидромеханические передачи колесных и гусеничных машин / А.В. Петров. – М.: Машиностроение, 1986. – 383 с.

5. Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В.А. Петров. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.

6. Стрілець О.Р. Способи керування змінами швидкості у техніці / О.Р. Стрілець // Збірник тез. УІІ-ої Міжнародної науково-практичної конференції „Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси ПРТК-2015„– Київ: 18...19 травня, 2015. – С. 220...221.

7. Стрілець О.Р. Огляд і аналіз способів керування змінами швидкості у техніці / О.Р. Стрілець // 12-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: тези.-Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2015. 28-29 травня 2015 року. - С. 152...153.

8. Стрілець О. Керування змінами швидкості за допомогою зубчастої диференціальної передачі / О. Стрілець, В. Стрілець, І. Шинкаренко // Машинознавство. – 2007. – № 6 (120). – С. 38...41.

9. Стрілець О.Р. Моделі пристроїв для плавного керування

змінами швидкості / О.Р. Стрілець // Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2007. – Вип. 4 (40). – С. 37...43.

10. Стрілець О. Кінематичне дослідження приводу для керування швидкістю у вигляді диференціальної передачі з замкнутою гідросистемою / О. Стрілець // Праці Симпозіуму українських інженерів механіків в м. Львові. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2009. – С. 192...193.

11. Пат. 2211796 Российская Федерация, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема / Куденко Н.М., Стрелец В.Н.; заявитель і обладатель патента Украинский государственный університет водного хазяйства и природопользования. - №2001107699; заявл. 21.03.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. №25.

12. Пат. 2211797 Российская Федерация, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема /Куденко Н.М., Стрелец В.Н.; заявитель і обладатель патента Украинский государственный університет водного хазяйства и природопользования. - №2001113324/28; заявл. 14.05.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. №25.

13. Пат. 7328 Україна, МПК F 16 H 48/20. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець В.М., Ріло І.П., Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - №20041109781; заявл. 29.11.04; опубл. 15.06.05, Бюл. №6.

14. Пат. 11121 Україна, МПК F 16 H 1/28. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець В.М., Ріло І.П., Стрілець О.Р., Поліщук В.П.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № у 2005 04847; заявл. 23.05.05; опубл. 15.12.05, Бюл. №12.

15. Пат. 11267 Україна, МПК F 16 H 1/46. Спосіб зв'язку між двигуном внутрішнього згорання і трансмісією автомобіля / Ріло І.П., Стрілець В.М., Стрілець О.Р., Федитник А.В.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № у 2005 05938; заявл. 16.06.05; опубл. 15.12.05, Бюл. №12.

16. Пат. 11398 Україна, МПК F 16 H 1/46. Спосіб зв'язку між двигуном і трансмісією автомобіля / Ріло І.П., Стрілець В.М., Стрілець О.Р., Сорока Ю.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № у 2005 06656; заявл. 07.07.05; опубл. 15.12.05, Бюл. №12.

17. Пат. 14701 Україна, МПК F 16 H 1/00. Спосіб зв'язку між двигуном і трансмісією автомобіля / Ріло І.П., Стрілець В.М., Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет

водного господарства та природокористування. - № u 2005 12107; заявл. 16.12.05; опубл. 15.05.06, Бюл. №5.

18. Пат. 18514 Україна, МПК F 16 H 48/00. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості /Стрілець В.М., Ріло І.П., Шинкаренко І.Т., Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u2006 04863; заявл. 03.05.06; опубл. 15.11.06, Бюл. №11.

19. Пат. 18587 Україна, МПК F 16 H 48/00. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості /Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Шинкаренко І.Т.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u200605205; заявл. 12.05.06; опубл. 15.11.06, Бюл. №11.

20. Пат. 25335 Україна, МПК F 16 H 1/28. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u 2005 04847; заявл. 23.01.07; опубл. 19.08.07, Бюл. №12.

21. Пат. 28463 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажопорний зупинник [Текст] / Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u200708884; заявл. 01.08.07; опубл. 10.12.07, Бюл. №12.

22. Пат. 28489 Україна, МПК В 60 К 17/06. Планетарна коробка передач / Стрілець О.Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u 2007 09132; заявл. 09.08.07; опубл. 10.12.07, Бюл. №20.

23. Пат. 41191 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажопорний зупинник /Куденко М.М., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Рівненський державний технічний університет. - №2001032016; заявл. 27.03.01; опубл. 15.07.03, Бюл. №7.

24. Пат. 44135 Україна, МПК В 66 D 5/32. Вантажопорний зупинник /Куденко М.М., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Український державний університет водного господарства та природокористування. - №2001053400; заявл. 21.05.01; опубл. 15.03.05, Бюл. №3.

25. Пат. 48608 Україна, МПК F 16 H 48/00. Зубчастий диференціал з пристроєм для керування змінами швидкості / Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u200910172; заявл. 07.10.09; опубл. 25.03.10, Бюл. №16.