

УДК 621.9.6-08

**В.М. Пестунов, проф., канд. техн. наук, О.С. Стеценко, доц., канд. техн. наук**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Конструктивні рішення колісних механізмів сільськогосподарських і інших технологічних машин

В статті приводяться конструкції механізмів з використанням коліс, зроблено їх аналіз і рекомендовано використання їх в сільгоспмашинах і металорізальних верстатах **колесо, підшипник, маховик, гідромуфта, шпindelь**

Колесо використовують люди з давніх-давен. Спостережливі люди звернули увагу на те що, під час руху по Землі ноги людини здійснюють фрагменти колеса, яке рухається по Землі. Поступово розвиваючись, люди створювали транспортні засоби, механізми для підйому вантажів, сільськогосподарські механізми, які полегшували фізичну працю. Майже не існувало машин і механізмів, в яких не використовували колесо.

Колеса були різні по призначенню і конструкції.

На рис. 1 приведена спрощена, але не повна класифікація коліс по типу, по призначенню і по конструкції.

На рис. 2 показана конструкція коліс, які виконують найдавнішу транспортну функцію. Вони не мають підшипників, що дозволяє використовувати їх при підвищених температурах, або при інших несприятливих умовах експлуатації.

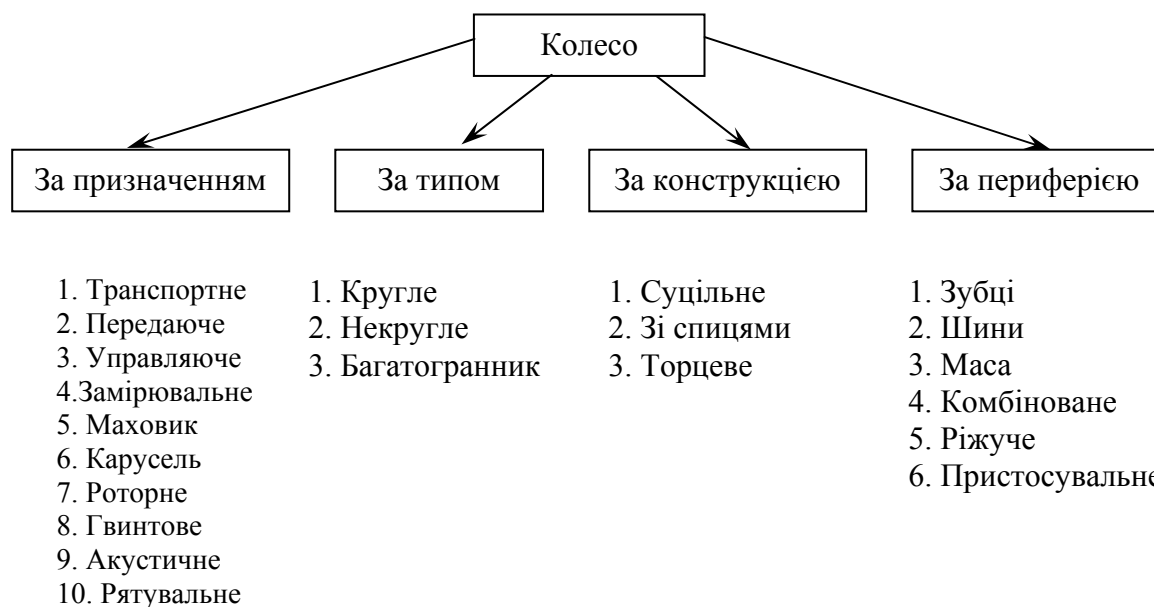


Рисунок 1 – Класифікація коліс по типу, призначенню і по конструкції

Рухомі частини 2 транспортного засобу переміщуються відносно рухомої частини 3, на яку колеса 5 спираються циліндричними поверхнями 4 меншого діаметру. Під час роботи рухома частина 2 переміщується у напрямку руху із швидкістю  $V$ . Великі діаметри коліс не дотикаються до поверхні 6 паза. Сепаратор 1 із колесами переміщується у тому ж самому напрямку із швидкістю  $V_c$ , яка в кілька разів менша швидкості  $V$  і визначається із рівняння

$$V_c = \frac{V \cdot Z}{R},$$

де  $R$  і  $Z$  – більший і менший радіус колеса.

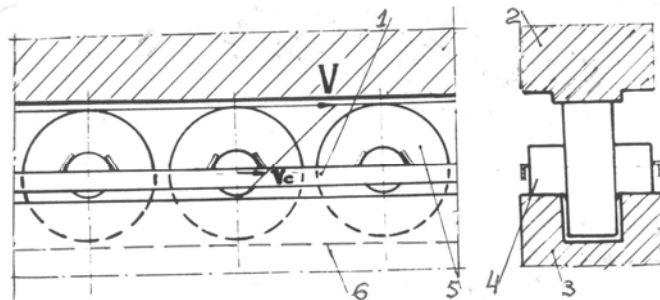


Рисунок 2 – Конструкція коліс без підшипників

На рисунку 3 показана система педального привода велосипеда з еліптичною ведучою зірочкою, яка дозволяє підвищити рівномірність навантаження на педалі.

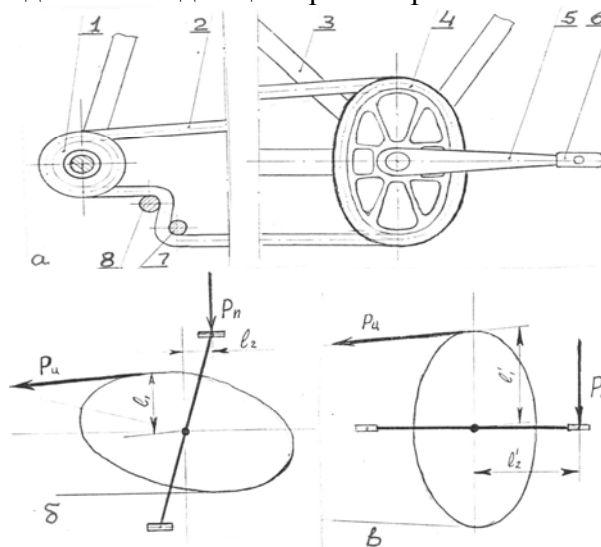


Рисунок 3 – Система педального привода велосипеда з еліптичною ведучою зірочкою

В процесі роботи велосипеда, натискаючи на педаль 6 через шатун 5, велосипедист обертає еліптичну зірочку 4, установлену на рамі 3. Зірочка 4 через ланцюг 2 обертає ведену зірочку 1 і з'єднане з нею ведуче колесо. Натяг ланцюга 2 здійснюється роликками 7, 8.

Коли педаль 6 знаходиться у верхній частині траєкторії, сила тиску ( $P_n$ ) ноги велосипедиста на педаль незначна, але і радіус зірочки також мінімальний ( $l_1$ ) (рис. 3,б). Коли педаль знаходиться у положенні зображеному на рис. 3,в, сила тиску на педаль ( $P_a$ ) максимальна, радіус зірочки ( $l_1$ ) мінімальний. Це стабілізує момент і забезпечує більш рівномірне навантаження в процесі руху.

На рис. 4 показано колесо маховика.

В корпусі 4, закритому кришкою 2, знаходиться порожнина фасонного профілю. Корпус закріплено гайками 1 на осі 7, яка приводиться в рух від привода. Корпус оснащений ребрами 3 і заповнений двома видами рідини 5 і 6 з різною питомою вагою.

В період пуску важка рідина 5 знаходиться внизу і маховик має мінімальний пружний момент. Із збільшенням частоти обертання під дією відцентрової сили важка рідина піднімається вгору, збільшуючи момент інерції маховика. Ребра 3 знижують проковзування рідини при перехідних режимах. Така конструкція маховика покращує його експлуатаційні характеристики.

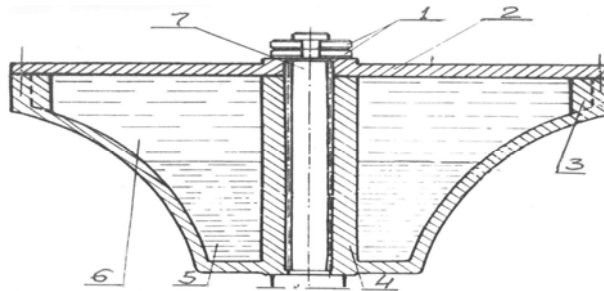


Рисунок 4 – Колесо маховика з порожниною заповненою рідинами з різною питомою вагою

На рис. 5 показана конструкція силового колеса, яка створює замкнуту систему технологічного навантаження поперечних супортів токарних багатшпиндельних автоматів. Така конструкція урівноважує порізно направлене технологічне навантаження, знижує пружну деформацію технологічної системи верстата і підвищує точність обробки.

В процесі роботи верстата ведучий вал 15 приводить в обертання шпинделі 14 із заготовками. Встановлені на поперечних супортах 8 – 10 – 13 різці здійснюють процес обробки. Кулачки 7, закріплені на колесі 1, через роликові штовхачі 6 переміщують супорти 8 – 10 – 13 зі швидкістю поперечної подачі у напрямку заготовок. Обертання колесу 1 передається через конічну передачу 5 – 4 і черв'ячну передачу 3 – 2.

Таким чином, колесо 1 створює замкнену систему урівноваження технологічного навантаження, що підвищує жорсткість технологічної системи верстата і точність обробки.

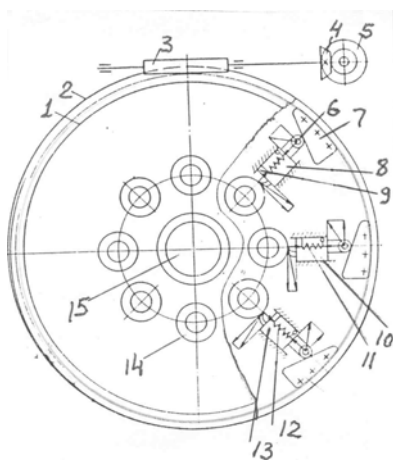


Рисунок 5 – Конструкція силового колеса з урівноваженням технологічним навантаженням

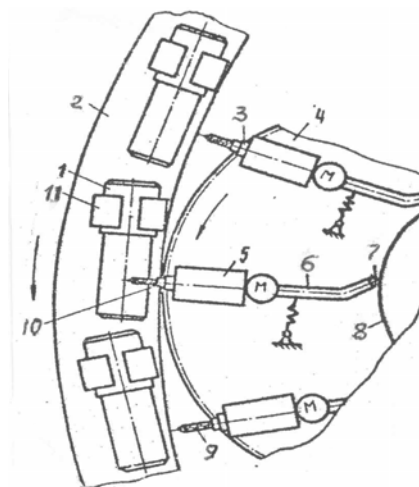


Рисунок 6 – Схема взаємодії транспортних коліс роторної автоматичної лінії

На рис. 6 показана схема взаємодії транспортних коліс роторної автоматичної лінії по обробці заготовок кінцевим інструментом. Висока продуктивність процесу забезпечується за рахунок суміщення процесу обробки із транспортуванням заготовки.

У шпинделі 3 силової головки 5 закріплюється інструмент, який приводиться в обертання. Колесо 2 і планшайба 4 обертаються в одному напрямку. Силкові головки установлені на осях і у відповідності з транспортним рухом заготовок 1, закріплених в пристосуваннях 11, роликові штовхачі 7 за допомогою кулачка 8 і важелів 6 здійснюють їх поворот. Таким чином, інструменти 9 і 10 безперервно відслідковують вісь оброблюваних отворів в заготовках 1.

На рис 7 показана беззазорна зубчаста передача, яка забезпечує автоматичну компенсацію зношування. В зубчатій передачі 2–6–7 ведене колесо виготовлено з кількох частин. Дві його половини установлені на валу 1 і закріплені втулкою 4. Рухома шпонка 8 спирається на похилу поверхню 9 штифта 10, який опирається на пружину 11. Штифт 10 піднімається гвинтом 3. Для усунення зазору гвинт 3 натискає на штифт 10. Шпонка 8 ковзає по нахиленій поверхні 9 штифта 10. Шпонка 8 через циліндричні поверхні 5 розводить колеса 6–7 в різні сторони, усуваючи тим самим зазор в зачепленні із шестернею 2. По мірі зношування відбувається періодичне регулювання передачі.

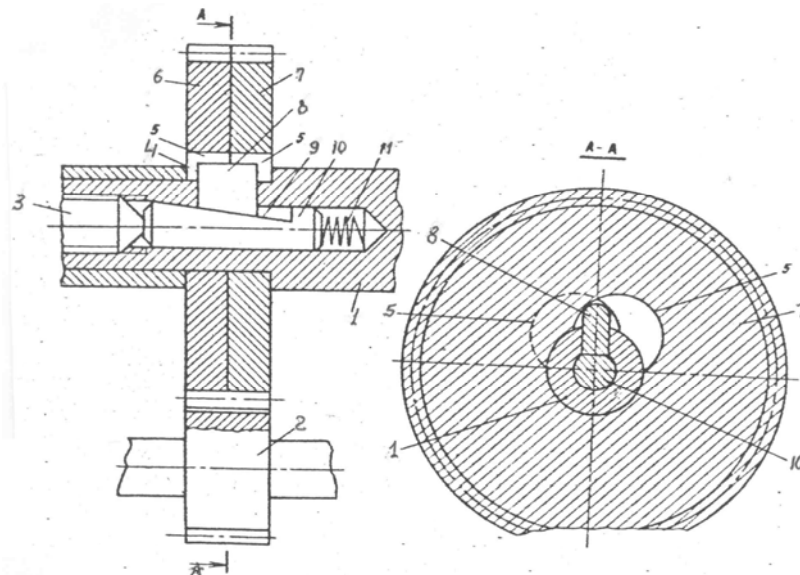


Рисунок 7 – Беззазорна зубчаста передача з автоматичною компенсацією зношування

На рис. 8 показано колесо з наповнювачем, яке утворює гідромумфт керованої жорсткості.

На валу 1 закріплено ведуче колесо, розташоване в корпусі 4. Корпус 4 заповнений технологічною речовиною, яка знаходиться між лопатками напівмуфти 3–8. Особливістю технологічної речовини є те, що вона змінює свою в'язкість в магнітному полі котушки 7. Електромагніт через магнітопровід створює концентрацію магнітного потоку, що проходить через технологічну речовину, змінюючи її в'язкість і жорсткість гідромумфти.

Змінюючи струм живлення котушки, забезпечують керування в'язкістю технологічної речовини і характеристикою муфти. Нова якість коліс, виготовлених у вигляді гвинтової передачі кочення, яка змінює передаточне відношення під дією технологічного навантаження показана на рис 9.

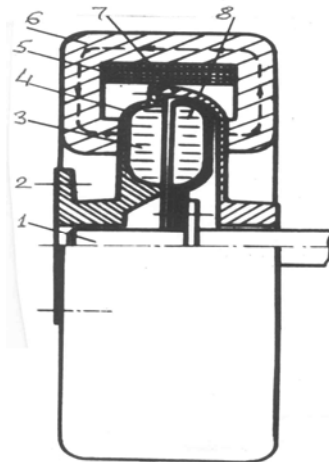


Рисунок 8 – Колесо з наповнювачем, яке утворює гідромфту керованої жорсткості

В циліндричному корпусі 8 установлені кільця 2–4, між якими установлені шарики 3. Вони обмежені кільцями і конічною робочою поверхнею гвинта 1. Кільця 2–4 через підшипник 5 замикаються пружиною 6.

В процесі роботи передачі, коли технологічне навантаження ( $P$ ) не перевищує задану величину, передача працює у звичайному режимі. Шарики 3, перекочуючись по конічних робочих поверхнях гвинта 1, здійснюють передачу руху. Обертання гвинта 1 викликає поступальний рух корпуса 8 із заданою швидкістю.

При зростанні технологічного навантаження  $P$  за установлену межу, сила  $P$  розсуває шарики кільця 4, стискаючи пружину 6, переводить шарики 3 на більший радіус обкатки, знижуючи тим самим швидкість поступального руху корпуса 8. Регулювання пружини 6 здійснюється гвинтом 9, а максимальне стиснення пружини забезпечується втулкою 7.

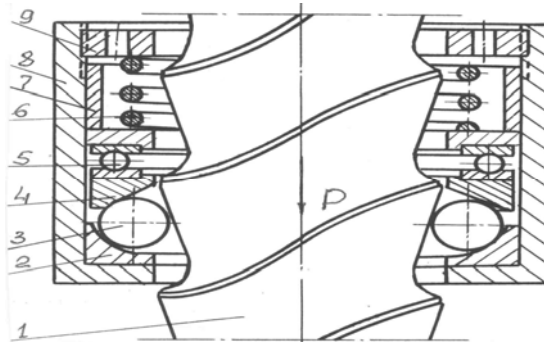


Рисунок 9 – Колеса у вигляді гвинтової передачі кочення для зміни передаточного відношення від технологічного навантаження

На рис. 10 показана конструкція ріжучого колеса, виконаного у вигляді голкофрези. Ріжучі голки закріплені гайкою 7 між втулками 4 – 6, встановленими на шпонках 3 – 5 на валі 1.

Голки 2 розташовані по всьому периметру інструменту з поступовим зменшенням діаметра від периферії до центру.

При обертанні вала 1 голки здійснюють обробку, знімаючи стружку з невеликим поперечним перерізом і високою якістю поверхні, виконуючи чорнову і чистову обробку.

На рис. 11 показана конструкція патрона, виконання функції якого засновано на взаємодії кругових шарикових обойм, які розташовані в пружному наповнювачі.

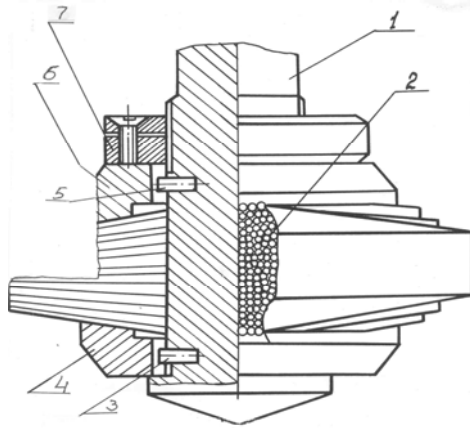


Рисунок 10 – Конструкція ріжучого колеса, виготовленого у вигляді голкофрези

В корпусі 1 розташовані шарикові обойми 3 і 4. Шарики малого діаметра мають скоси по циліндричній поверхні закріплюваного інструмента 7. При обертанні гайки 5 через втулку 6 шарикові обойми 4 – 5 пересуваються у осьовому напрямку, розклинюючи обойми і затискуючи інструмент 7.

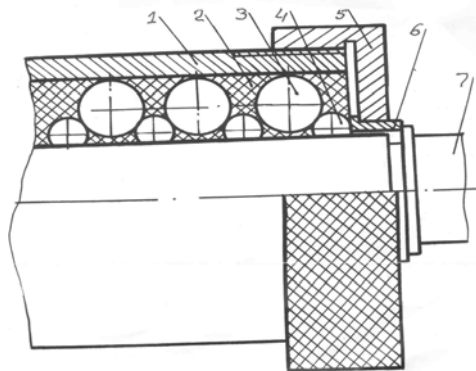


Рисунок 11 – Конструкція патрона з шариковою обоймою, розташованою в пружному наповнювачі

На рис. 12 показано шпindelний вузол, конструкція якого вирішує проблему управління величиною натягу підшипників в залежності від частоти обертання шпінделя. Така конструкція дозволяє знизити нагрівання, тертя і підвищити точність обробки.

Шпindel 3 на підшипниках 1–2–10 установлений в корпусі 4. Попередній натяг підшипників здійснюється гайками 13 через тарілчасті пружини 11. В процесі роботи, коли відцентрові сили шариків 7 не перевищують сили попереднього стиснення пружини, підшипники працюють у звичайному режимі попереднього регулювання.

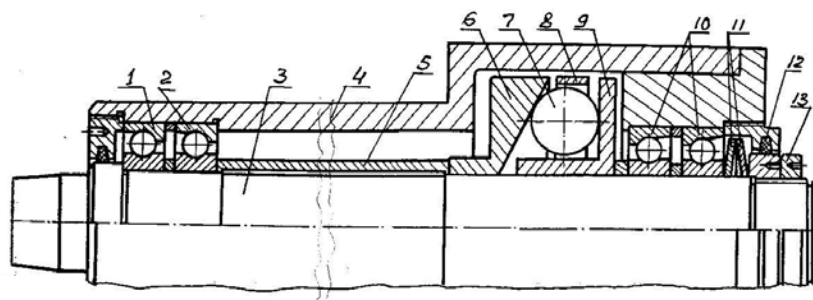


Рисунок 12 – Шпindelний вузол з регулюванням величини натягу підшипників

При роботі шпинделя на більших обертах відцентрова сила переміщує закріплені в сепараторі 8 шарики 7 по конічній поверхні кільця 6, переміщує кільце 9, яке, стискаючи пружини 11, зменшує попередній натяг підшипників. Зменшення частоти обертання шпинделя повертає систему у вихідне положення.

Дистанційну втулку 5 виготовляють із матеріалу з високим коефіцієнтом лінійного розширення для зниження натягу підшипників при нагріванні шпиндельного вузла.

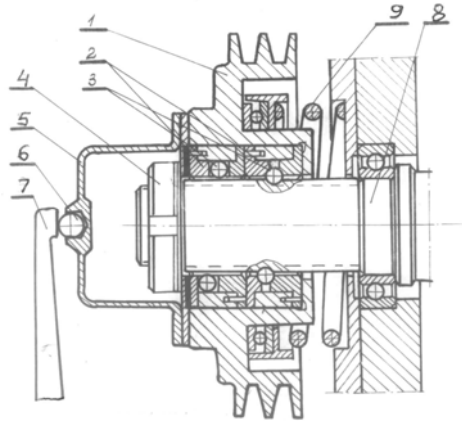


Рисунок 13 – Конструкція шків з управлінням циклом роботи машини

На рис 13 показана конструкція вимірювального колеса (шків). Ведучий шків 1 клинопасової передачі через шарики 3, гайки 2 несамогальмівної гвинтової передачі опирається на пружину 9 і передає оберти валу 8. На торці шківів 1 закріплена кришка 5 із шариком 6, яка знаходиться у взаємодії з важелем 7 системи керування.

Попереднє стиснення пружини виконується гайкою 4. При передачі крутного моменту, що не перевищує заданої величини, передача працює як звичайна, не проявляючи адаптивних властивостей. Збільшення крутного моменту до величини установленної межі, додатково стискає пружину 9 і через важіль 7 дає команду на зміну режиму роботи. Таким чином, вимірювальна система здійснює управління циклом роботи машини.

Система вимірювального кільця в сполученні з масою показана на рис. 14.

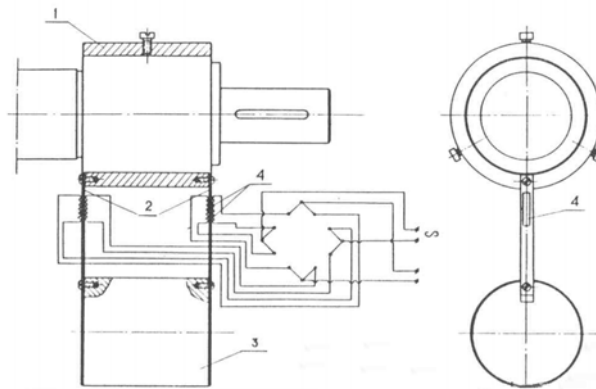


Рисунок 14 – Вимірювальне кільце для запису і відрахунку осьових коливань виконавчого органу

Кільце 1 закріплюється гвинтом на рухомому виконавчому органі верстата. На торцевих поверхнях плоских пружин 2 до кільця 1 закріплюється маса 3. На пружинах приклеєні датчики 4, з'єднані по схемі моста.

При виникненні осьових коливань, маса 3 буде продовжувати рівномірний рух і слугувати базою відрахунку і запису осьових коливань виконавчого органу, викликаних вібраціями процесу різання.

На рис. 15 показано найпростіший привід зворотного–поступального руху масляного насосу.

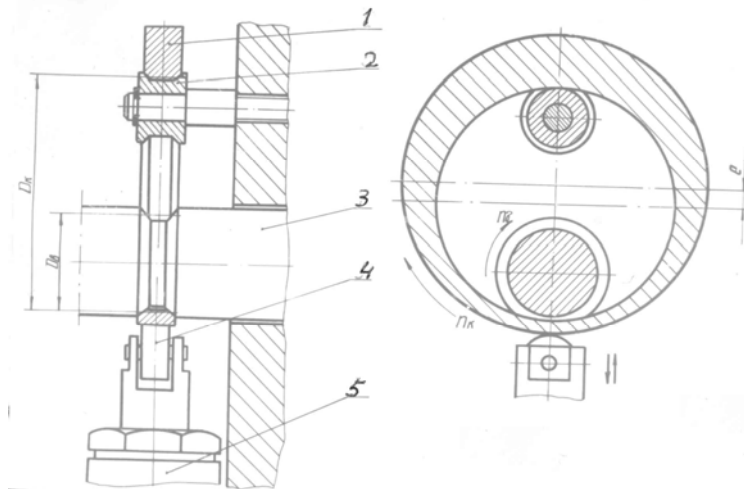


Рисунок 15 – Привід зворотного–поступального руху масляного насосу

Колесо 1 з ексцентричним отвором виконує функцію механізму перетворення обертowego руху в поступальний.

Ведучий вал 2 через перемінний поперечний переріз колеса 1 зв'язаний з роликком 4 привода поступального руху насоса 5. При обертанні вала 3 сили тертя приводить в обертання колеса 1.

Перемінний поперечний переріз колеса викликає зворотного–поступальний рух ролика 4 з плунжером насоса. Колесо 1 підтримується роликком 2. Продуктивність масляного насоса 5 визначається ексцентриситетом ( $e$ ) колеса 1 і частотою обертання вала 3.

На рис. 16 показана конструкція привода масляного насоса з регульованою продуктивністю при постійній частоті обертання ведучого вала. Колесо 1 з ексцентричним отвором спрягається по конічних робочих поверхнях ведучих роликків 2 – 4. По зовнішній циліндричній поверхні обкочуються ролики 5, установлені на вилці 6, яка через вісь 7 з'єднана з плунжером 9 насоса 8. При обертанні роликків 2 – 4 обертається колесо 1 і, завдяки ексцентриситету отвору в ньому, передає плунжеру 9 зворотного–поступальний рух.

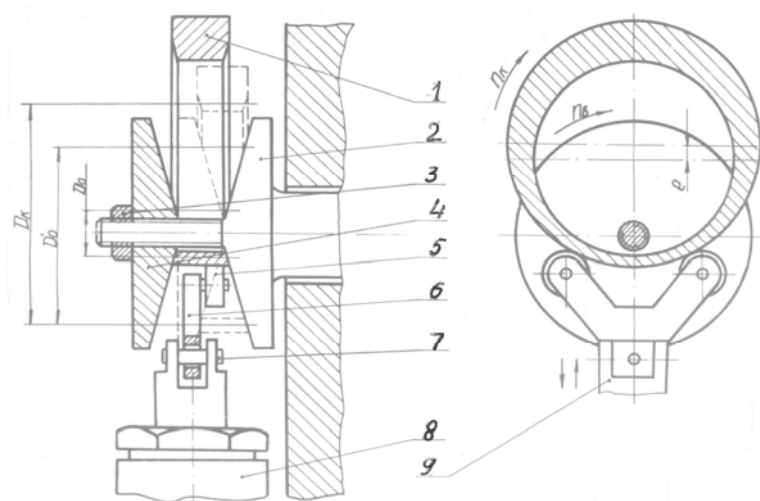


Рисунок 16 – Конструкція привода масляного насоса з регульованою продуктивністю



Для зміни частоти зворотно – поступальних рухів при постійній частоті обертання роликів 2 – 4 за допомогою гайки 3 роликів 2 – 4 зближуються.

В результаті область контакту колеса 1 переходить на більший радіус кілець 2 – 4. Частота зворотно – поступальних рухів при цьому зростає.

На рис. 17 показана конструкція струмознімального колеса. На обертаючому валу 6 з частотою  $n_b$  знаходяться пластмасова втулка 4, в якій виконані монтажні пази з проводами. На втулці 4 знаходяться кільця 3, по яких при обертанні вала 6 перекочуються еластичні струмопровідні елементи 5. Ці елементи по великій площині контакту передають струм контактним кільцям 2 корпусу 1. Таким чином, здійснюється контактна (без ковзання) передача електричних сигналів з обертаючих валів.

На рис. 18 показана система зубчатих коліс ступінчатої коробки швидкостей привода верстата, яка вирішує проблеми зниження втрат при ступінчатому регулюванні швидкостей і підвищення продуктивності.

Досягається це тим, що ведучий і ведений вали установлені паралельно, а передаточне відношення ряду передач зв'язане наступною залежністю.

Під час роботи рух передається від ведучого валу 1 валу 17 через одну із передач 2–16, 4–15, 5–14, 7–13, 8–12, 10–11, які включаються за допомогою однієї з муфт 3,6 або 9. Вище зазначені зубчасті передачі зв'язані залежністю

$$\frac{1}{\varphi_k} < \frac{1}{\varphi_n} < \frac{1}{\varphi_m} < 1 < \varphi^m < \varphi^n < \varphi^k,$$

де  $m, n, k$  – показники степенів, зв'язані співвідношенням  $m < n < k$ .

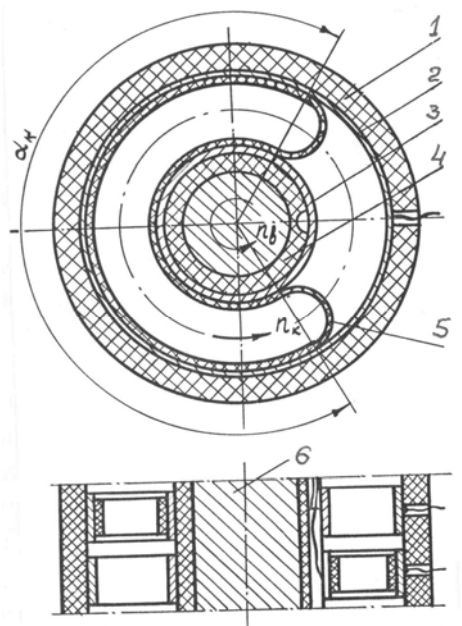


Рисунок 17 – Конструкція струмознімального колеса

Знаменник ряду ( $\varphi$ ) узаконений ГОСТом і у верстатобудуванні може бути прийнятний:

$$\varphi = 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0.$$

Таким чином, коробка забезпечує високу концентрацію швидкісних ступіней біля максимуму найбільше використовуваних частот обертання. Така коробка знижує втрати продуктивності, обумовлені ступінчастим регулюванням швидкостей.

Таке співвідношення дозволяє одержати симетричний ряд частот обертання відносно найчастіше використовуваної швидкісної ступені. Для спрощення конструкції на паралельних валах установлені зубчасті передачі, які включаються муфтами.

На рис. 19 показана система конічних коліс передаточного механізму, який вирішує проблему вимірювання і запису передаючого крутного моменту без струмозмінальних пристроїв.

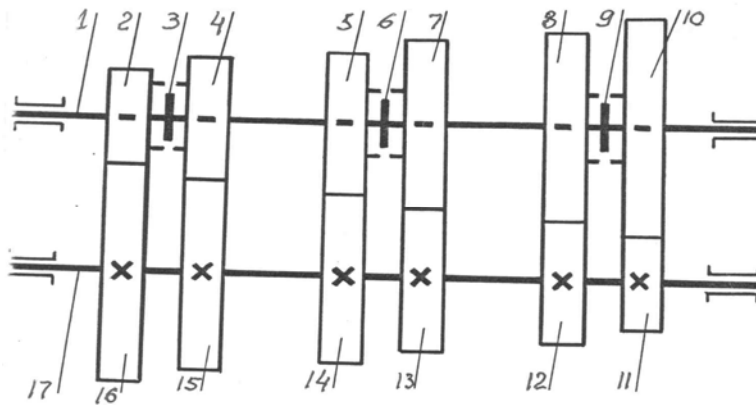


Рисунок 18 – Система зубчастих коліс ступінчатої коробки швидкостей

В корпусі 1, закритому кришкою 9, на підшипниках 5 установлено ведучий вал 3 з муфтою 2 і ведений вал 7. Вал 3 з валом 7 з'єднані через конічні колеса, що утворюють диференціальний механізм. Водило 6 диференціального механізму через пружну втулку 8 закріплено на кришці 9. До втулки 8 приклеєні вимірювальні датчики, з'єднані по схемі моста.

В процесі роботи механізму крутний момент навантаження пружно деформує втулку 8, а датчики вимірюють передаваний крутний момент.

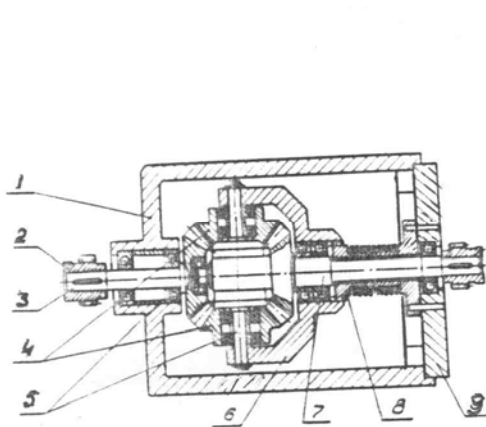


Рисунок 19 – Система конічних коліс із записом і вимірюванням крутного моменту

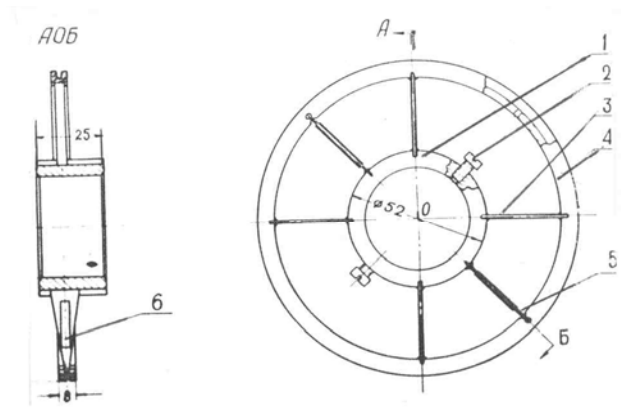


Рисунок 20 – Конструкція вимірювального колеса для визначення кутових прискорень

На рис. 20 показана конструкція вимірювального колеса кутових прискорень. Колесо вміщує ступицю 1, спиці 3, обід 4, вимірювальні пластини 5, на яких наклеєні датчики 6, з'єднані по мостовій схемі. Ступиця 1 закріплюється гвинтами 2 на валу. Вимірювальні пластини закріплені на ступиці 1 і вільно заходять в пази обода 4. Таким чином, здійснюється запис кутових прискорень.

На рис. 21 показана схема механізму перетворення обертового руху у зворотно – обертові рухи виконавчого органу машини.

На ведучому валу встановлене не кругле колесо (кулачок) 6, на який опирається важіль 5, зв'язаний з колесом 4. Колесо 4 зв'язано з рейкою 3, яка притискується пружиною 1.

При обертанні кулачка 6 через важільну систему, колесо 4 і рейкову передачу 3 – 2 зворотно – обертовий рух одержує виконавчий орган, зв'язаний з колесом 2.

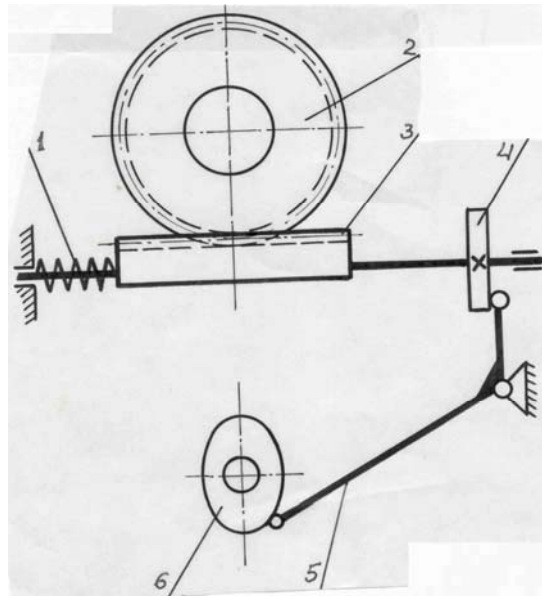


Рисунок 21 – Схема механізму перетворення обертового руху у зворотно-обертовий

На рис. 22 показано механізм одностороннього гальмування в шліцевій передачі вал – колесо. Під час руху вала 1 вправо, ролики 3, які притискуються пружним кільцем 4, перекочуються по шліцевих канавках і не перешкоджають цьому руху. При зворотному русі ролики 3 заклинюються на конічній поверхні ступиці 2 колеса 4 і припиняють рух.

На рис.23 показано механізм перетворення обертового руху в осьові коливання вала. На валу 3 закріплено стержень 7, зв'язаний з кільцем 4 двостороннього упорного підшипника, встановленого в корпусі 1.

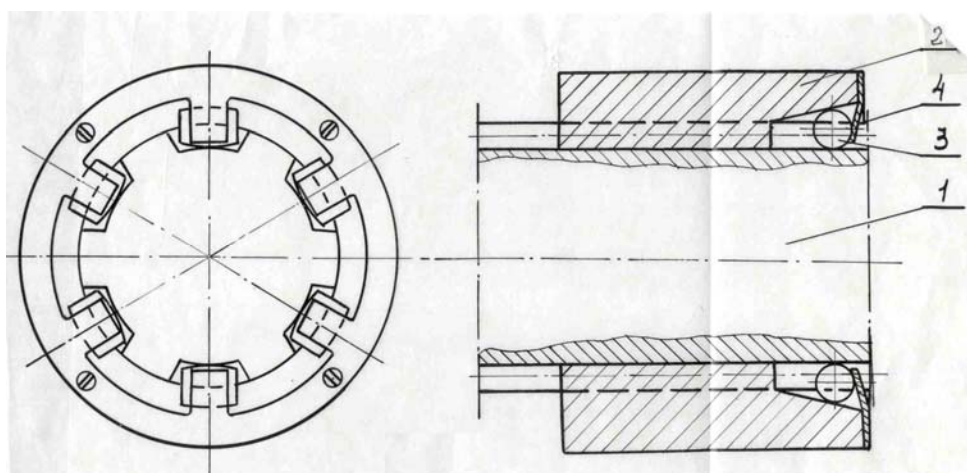


Рисунок 22 – Механізм одностороннього гальмування в шліцевій передачі вал – колесо

Вал 3 встановлено в корпусі 1 на підшипниках 2.

При обертанні вала ексцентрично розташовані упорні підшипники 4 передають валу 3 через стержень 7 осьові коливання.

Для регулювання ексцентриситету ( $e$ ) і амплітуда коливань установлена черв'ячна передача 6, яка повертає кільце 5.

Останнім часом до сільськогосподарської техніки пред'являються все більші вимоги по якості, точності і надійності.

При конструюванні нової сільгосптехніки використовуються нові розробки, нові конструкції окремих вузлів і механізмів.

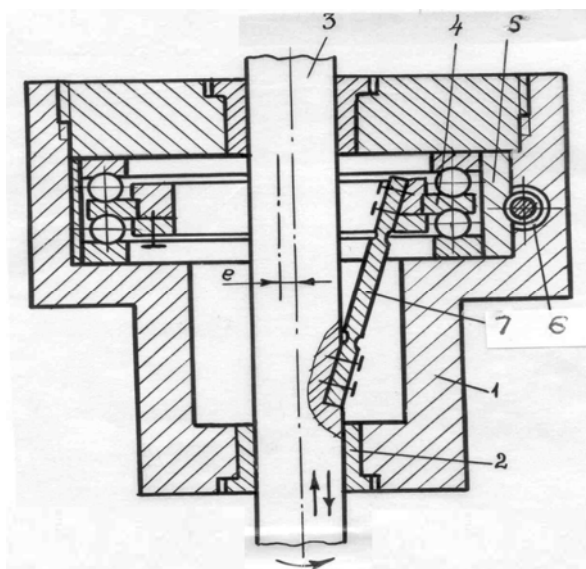


Рисунок 23 – Механізм перетворення обертового руху в осьові коливання вала

Саме на це направлені матеріали даної статті. Автори статті публікують останні розробки і патентні матеріали. Вони підібрані таким чином, щоб їх можна було максимально використати у сільськогосподарському машинобудуванні.

Жодний механізм, жодна машина не обходиться без використання коліс. І в залежності від призначення, від виду виконуваних робіт, колеса одержують різну конструкцію і різне функціональне призначення.

Відомо, що у сільгоспмашинах застосовують механізми, які приводять в рух виконавчі органи із використанням обертових, зворотно – поступальних і зворотно – обертових рухів.

На думку авторів деякі механізми приведені в статті могли б ефективно застосовуватись у збиральних і переробних сільськогосподарських машинах.

## Список літератури

1. Тверской М. М., Полетаев В. А. Автоматическая стабилизация крутящего момента при сверлении глубоких отверстий малого диаметра. // Станки и инструмент.– 1968.– №8.
2. А. с. 251341 СССР. Механизм управления подачей по крутящему моменту / В. М. Пестунов (СССР).– опубл. 26.08.76, Бюл. №27.
3. А. с. 619742 СССР. Механический усилитель мощности / В.М. Пестунов, Ю.В. Лебедев (СССР).– опубл. 15.08.78, Бюл. №30.

*В. Пестунов, О. Стеценко*

**Конструктивные решения колесных механизмов сельскохозяйственных и других технологических машин**

В статье приводятся конструкции механизмов с использованием колес, проведен анализ и дана рекомендация использования их в сельхозмашинах и металлорежущих станках.

*V. Pestunov, O. Stecenko*

### **The Constructive Decisions of Wheel Mechanisms in Agricultural Machines and Other Manufacturing Equipment**

In the article designs of wheel mechanisms are given, the analysis is carried out and the guidelines for their usage in agricultural machines and metal-cutting equipment are given.

Одержано 13.10.09

УДК 621.878.25

**С.А. Карпушин, доц., канд. техн. наук, О.В. Яцун, студ.**

*Кировоградский национальный технический университет*

## **Оценка эффективности новых технических и технологических решений при возведении мелиоративных сооружений скреперами**

В статье представлена методика оценки эффективности использования землеройных, мелиоративных машин. Рассмотрен конкретный случай, когда рабочий орган скрепера оборудован новой, в сравнении с традиционной конструкцией – передней «глубокой» заслонкой, задней стенкой с «отвальнющей» поверхностью и ступенчатой ножевой системой, а сам технологический процесс заполнения ковша осуществляется в несколько этапов.

**экономическая эффективность, скрепер, рабочий орган, заслонка, ножевая система, показатель, производительность, материалоемкость, энергоёмкость**

Для оценки эффективности и эксплуатационных свойств землеройных и мелиоративных машин предложен ряд различных показателей [1-3]. Интерес представляет методика определения эффективности использования машины в случае комплексного применения различных, новых конструктивных и технологических решений рабочего органа и самого технологического рабочего цикла. К примеру, оценка эффективности предлагаемых в комплексе новых технологического решения – способ заполнения ковша скрепера в две стадии и технических решений рабочего органа скрепера, оборудованного ступенчатой ножевой системой (НС) с выступающими ножами и боковыми косынками, может быть осуществлена путём использования показателей целевого назначения: сопротивление грунта копанью ( $P_k$ ); вес набранного в ковш грунта ( $G_{zp}$ ); удельная энергоёмкость копания ( $P_k/G_{zp}$ ); работа процесса копания ( $A_k$ ); производительность ( $\Pi_{mex}$ ); материалоемкость ( $G_{yd}$ ); энергоёмкость ( $N_{yd}$ ); обобщённый показатель ( $\Pi_{NG}$ ) [2].

Данные для расчёта указанных показателей получены теоретическим и экспериментальным путём в лабораторных и полевых условиях [4-7].

Производительность машины, являясь наиболее важным показателем оценки технического уровня машины, зависит от степени снижения общего сопротивления грунта копанью  $P_k$  [1, 8]. Для условий проведения лабораторных экспериментальных исследований по отработке рациональной конструкции ножевой системы ( $L_{kon}=\text{const}$ )