

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ОСНОВИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА КЕРУВАННЯ ГАЛЬМУВАННЯМ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ГІДРООБ'ЄМНО- МЕХАНІЧНИМИ ТРАНСМІСІЯМИ

Бондаренко А.І., канд. техн. наук, доц.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Визначено тенденції розвитку безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій та перспективи їх застосування в тракторобудуванні; шляхом експериментальних досліджень ступеня стомлення операторів-водіїв колісних тракторів з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями та різноманітними механічними трансмісіями виконано кількісну оцінку ергономічності досліджуваних тракторів; формалізовано розподіл кінематичних, силових та енергетичних параметрів гідрооб'ємно-механічних трансмісій різних структур з ретельним урахуванням втрат; виявлено та систематизовано основні закономірності робочих процесів, включаючи циркуляцію потужності, у безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісіях; виявлено взаємозв'язок між робочими процесами у гідрооб'ємно-механічних трансмісіях та процесом буксування трактора при розгоні; виявлено та систематизовано вплив способів реалізації службового та екстреного гальмування, умов експлуатації, законів натиснення на педаль гальма та законів зміни параметрів регулювання гідромашин гідрооб'ємної передачі на кінематичні, силові та енергетичні параметри гідрооб'ємно-механічних трансмісій різних структур, а також керованість та гальмівну ефективність; визначено з точки зору динаміки процесу гальмування оптимальні місця розташування зчеплення в гідрооб'ємно-механічних трансмісіях як з диференціалом на вході, так і диференціалом на виході.

Вступ

Прагнення до безступінчастого регулювання швидкості, спрощення конструкції трансмісії, забезпечення плавності руху з місця, підвищення тягової динаміки та ергономічних властивостей при виконанні різноманітних технологічних операцій, підвищення середніх швидкостей руху по бездоріжжю призвело до необхідності обладнання гідрооб'ємно-механічними трансмісіями (ГОМТ) серійно випускаємих колісних сільськогосподарських тракторів.

З появою нових типів гідромашин об'ємного типу, підвищенням транспортних швидкостей колісних тракторів особливо загострилась проблема збереження безпеки в режимі гальмування. На жаль, у даний час не виявлено та не систематизовано вплив способів реалізації службового та екстреного гальмування, умов експлуатації, законів натиснення на педаль гальма та законів зміни параметрів регулювання гідромашин гідрооб'ємної передачі (ГОП) на

кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ різних структур, а також керованість та гальмівну ефективність. Цьому перешкоджає відсутність системного підходу до визначення основних закономірностей робочих процесів у такого типу безступінчастих трансмісій, а також – відсутність необхідних критеріїв оцінки. Отже, розроблення теоретичних основ аналізу та керування гальмуванням колісних тракторів з безступінчастими ГОМТ становить важливу і актуальну науково-прикладну проблему.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Роботи з вдосконалення ГОМТ посилено ведуться такими всесвітньо відомими транснаціональними корпораціями як «CNH», що об'єднує фірми «Case IH», «New Holland» (США) і «Steyr» (Австрія); «AGCO», що об'єднує фірми «Fendt» (Німеччина), «Massey Ferguson», «Challenger» (США) і «Valtra» (Фінляндія); «SDF», що об'єднує фірми «Same», «Lamborghini» (Італія) і «Deutz-Fahr» (Німеччина), а також двома найбільшими компаніями «John Deere» (США) і «Claas» (Німеччина) [1, 2].

В Україні питанням створення тракторів з безступінчастими ГОМТ займаються вчені Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе», фахівці АТ «Українська промислова енергетична компанія» [3, 4].

Не зважаючи на чисельні праці вчених, що до створення та дослідження ГОМТ для самохідних машин [1 – 5], питанням системного аналізу та керування гальмуванням колісних тракторів з безступінчастими ГОМТ увага практично не приділяється, крім того взагалі не вивчене питання психофізичного навантаження операторів-водіїв колісних тракторів як з ГОМТ, так і механічними трансмісіями в процесі виконання різноманітних технологічних операцій.

Мета та постановка завдань

Метою даної роботи є розробка науково-прикладних основ системного аналізу та керування гальмуванням колісних тракторів з безступінчастими ГОМТ для підвищення конструктивної надійності ГОМТ, а також керованості та гальмівної ефективності трактора за рахунок удосконалення керування процесом гальмування.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

– визначити тенденції розвитку безступінчастих ГОМТ та перспективи їх застосування в тракторобудуванні;

– шляхом експериментальних досліджень ступеня стомлення операторів-водіїв колісних тракторів з ГОМТ та різноманітними механічними трансмісіями виконати кількісну оцінку ергономічності досліджуваних тракторів;

– формалізувати розподіл кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ різних структур з ретельним урахуванням втрат, виявити та систематизувати основні закономірності робочих процесів, включаючи циркуляцію потужності, у такого типу безступінчастих трансмісій;

– виявити взаємозв'язок між робочими процесами у ГОМТ та процесом буксування трактора при розгоні;

– виявити та систематизувати вплив способів реалізації службового та екстреного гальмування, умов експлуатації, законів натиснення на педаль гальма та законів зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП на кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ різних структур, а також керованість та гальмівну ефективність;

– визначити з точки зору динаміки процесу гальмування оптимальні місця розташування зчеплення в ГОМТ як з диференціалом на вході, так і диференціалом на виході.

Науково-прикладні основи системного аналізу та керування гальмуванням колісних тракторів сільськогосподарського призначення з ГОМТ

Останніми роками все більшого поширення набувають безступінчасті двопотокові трансмісії. Причому, на тракторах потужністю 110 – 192 кВт їх частка в 2013 р. досягла майже 46%, а на тракторах потужністю 192 – 295 кВт склала 50%.

Двупотокові ГОМТ представляють зараз єдиний вид безступінчастих передач, що серійно встановлюються на сільськогосподарських тракторах. Область їх використання росте як по числу моделей тракторів, так і по потужності, що передається.

Конструкції ГОМТ розвиваються у бік збільшення частини потужності, що передається механічним шляхом і зменшення числа фрикційних багатодискових муфт, відповідно зменшення кількості діапазонів (піддіапазонів) і складних механічних частин.

В результаті експериментальних досліджень ступеня стомлення операторів-водіїв колісних тракторів було встановлено [6], що в момент закінчення дванадцятичасового робочого дня по частоті серцебиття, по методу Акіюші Кітаока та вмісту лактату (молочної кислоти) в крові найменш стомленим виявився оператор-водій трактора «Fendt 936 Vario», трохи більше за нього – на 2,7 – 13,3% (в залежності від номера виміру, виконуваних операцій та методу визначення ступеня стомлення) втомився оператор-водій трактора «Case IH Magnum 255», на 5,4 – 20,0% оператор-водій «Deutz-Fahr Agrottron X720», а найбільш стомленим – на 31,1 – 44,1% виявився оператор-водій «ХТА-200 Слобожанець».

Різниця в результатах ступеня стомлення операторів-водіїв тракторів «Fendt 936 Vario», «Case IH Magnum 255», «Deutz-Fahr Agrottron X720» та «ХТА-200 Слобожанець» пояснюється, в основному, типом трансмісії, складністю системи її керування та психофізичними витратами трактористів при цьому.

Виконавши повний системний аналіз ГОМТ різноманітного схемного виконання, були виявлені наступні закономірності [7]:

- для схем ГОМТ з диференціалом на вході:

- при використанні ГОМТ з регульованим гідромотором (максимальний об'єм 130 см³ та 250 см³), за відсутності циркуляції потужності в замкнутому контурі трансмісії, спостерігається, в залежності від схеми, зниження перепаду робочого тиску в ГОП на 4,28 – 29,69%; підвищення коефіцієнта корисної дії

(ККД) трансмісії на 0 – 2,53%, кутової швидкості валу гідромотора на 6,79 – 86,10%; зміна потужності двигуна в діапазоні -2,23 – 6,25% в порівнянні з аналогічною ГОМТ з нерегульованим гідромотором; інші параметри не зазнали суттєвих змін (кутова швидкість сателітів, кутова швидкість валу гідронасоса);

– у разі використання регульованого гідромотора максимальним об'ємом 250 см³ замість 130 см³, за відсутності циркуляції потужності в замкнутому контурі трансмісії, спостерігається, в залежності від схеми, зниження перепаду робочого тиску в ГОП на 1,18 – 30,53%, кутової швидкості валу гідромотора на 5,93 – 41,22%; зміна потужності двигуна в діапазоні -4,51 – 4,12%, зміна ККД трансмісії в діапазоні -3,09 – 1,66%; інші параметри не зазнали суттєвих змін (кутова швидкість сателітів, кутова швидкість валу гідронасоса);

– швидкість при якій включається в роботу регульований гідромотор ГОМТ з диференціалом на вході не завжди відповідає максимальному значенню ККД трансмісії;

- для схем ГОМТ з диференціалом на виході:

– при використанні ГОМТ з регульованим гідромотором (максимальний об'єм 130 см³ та 250 см³) спостерігається, в залежності від схеми, підвищення перепаду робочого тиску в ГОП на 39,29 – 68,72%, кутової швидкості сателітів на 0,03 – 74,31%, потужності двигуна на 5,13 – 23,53%, кутової швидкості валу гідромотора на 0,09 – 86,64%; зміна ККД трансмісії в діапазоні -3,06 – 2,67% в порівнянні з аналогічною ГОМТ з регульованим гідромотором; кутова швидкість валу гідронасоса не зазнала суттєвих змін;

– у разі використання гідромоторів максимальним об'ємом 250 см³ замість 130 см³ спостерігається, в залежності від схеми, зниження перепаду робочого тиску в ГОП на 0,03 – 18,09%, потужності двигуна на 0,14 – 8,64%, кутової швидкості валу гідромотора на 36,96 – 51,90%, кутової швидкості сателітів на 37,64 – 51,56% (при розташуванні одного редуктора в гідравлічній гілці замкнутого контуру перед ГОП, другого в механічній гілці); підвищення кутової швидкості сателітів на 0,09 – 7,30% (при розташуванні двох редукторів в гідравлічній гілці замкнутого контуру); зміна ККД трансмісії в діапазоні -2,23 – 0,80%; кутова швидкість валу гідронасоса не зазнала суттєвих змін;

- для схем ГОМТ з двома диференціалами: на вході та виході:

– знаходження кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ не можливе без: блокування однієї з ланок диференціала на вході або однієї з ланок диференціала на виході, що призводить до трансформації в складну схему з диференціалом на вході або окремо з диференціалом на виході; жорсткого зв'язку ланок диференціала на вході з ланками диференціала на виході, що призводить до суттєвого ускладнення конструкції.

– в зв'язку з тим, що конструкції ГОМТ розвиваються у бік зменшення числа фрикційних багатодискових муфт, відповідно зменшення кількості піддіапазонів і складних механічних частин, зокрема планетарних рядів, ГОМТ з двома диференціалами: на вході та виході використовувати не доцільно.

Вважалося, що в замкнутому контурі ГОМТ з диференціалом на вході при русі переднім ходом циркуляція потужності відсутня, дане твердження не правомірне (одним із виключень є схема ГОМТ, де колінчастий вал з'єднано з епіциклом, механічну гілку замкнутого контуру ГОМТ з сонячною шестерною планетарного ряду, а гідравлічну – з водилом, при розташуванні двох редукторів в гідравлічній гілці), де в результаті циркуляції потужності в замкнутому контурі спостерігається перевантаження гідравлічної гілки.

У всіх розглянутих схемах ГОМТ з диференціалом на виході [7, 8] при певних швидкостях руху переднім ходом в замкнутому контурі з'являється циркуляція потужності, що приводить до перевантаження механічної гілки, а при русі заднім ходом спостерігається постійна циркуляція потужності з перевантаженням гідравлічної гілки.

Найбільш ефективний та достовірний спосіб, що дозволяє визначати напрями потоків потужності в замкнутих контурах ГОМТ з диференціалом на вході та диференціалом на виході, базується на визначенні знаку кругового передавального відношення замкнутого контуру.

Підвищення інтенсивності зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП призводить до збільшення [9]: буксування коліс, перепаду робочого тиску в ГОП, необхідної потужності двигуна за рахунок збільшення дії сили опору прискоренню трактора. Збільшення буксування коліс трактора супроводжується підвищенням перепаду робочого тиску в ГОП, а також збільшенням необхідної потужності двигуна.

Розрахунково-теоретичним шляхом підтверджена гіпотеза, що однією з переваг ГОМТ є забезпечення меншого буксування, ніж при ступінчастих трансмісіях на аналогічних режимах роботи. Чим менше інтенсивність зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП, тим яскравіше проявляється різниця в значенні буксування.

Експериментальним шляхом в лабораторних умовах повністю доведена адекватність математичних моделей ГОМТ, що використовувалися для теоретичного моделювання роботи стенду в гальмівному режимі. Саме цей підхід [10] для складання математичних моделей рекомендується і для опису ГОМТ в ході моделювання процесу гальмування трактора.

В результаті порівняння теоретичних результатів з експериментальними, не залежно від схеми ГОМТ, було встановлено, що найбільша похибка не перевищує 5,93% при визначенні максимального перепаду робочого тиску в ГОП, 6,01% – для крутного моменту на валу асинхронного електродвигуна, 1,12% – для кутової швидкості вала гідронасоса, 2,71% – для кутової швидкості вала гідромотора, 4,93% – для кутової швидкості вала порошкового гальмівного механізму (в математичну модель в якості початкових даних закладено закон зміни гальмівного моменту та закон зміни кутової швидкості вала асинхронного електродвигуна від часу, які були отримані шляхом експериментальних досліджень).

Адекватність математичної моделі процесу гальмування в цілому підтверджена на прикладі трактора «Fendt 936 Varjo» шляхом порівняння теоретичних результатів з експериментальними [11]:

- максимальна похибка при визначенні гальмівного шляху в разі службового гальмування не перевищує 9,65%, в разі екстреного – 9,95% ;
- максимальна похибка при визначенні відхилення від заданої траєкторії в разі службового гальмування не перевищує 9,91%, в разі екстреного – 8,33%.

За результатами комплексного дослідження процесу гальмування колісних тракторів з ГОП різних структур було встановлено, що не існує єдиного оптимального способу та закону керування процесом гальмування як при службовому, так і екстреному гальмуванні [12]:

– найбільш прийнятним службовим способом гальмування, з точки зору навантаження на оператора-водія, є гальмування за рахунок зміни відносного параметра регулювання ГОП при збереженні кінематичного зв'язку з двигуном;

– за результатами дослідження екстреного гальмування колісного трактора з різноманітними схемами ГОП, яке може реалізовуватися лише при кінематичному відриві двигуна від ведучих коліс, було встановлено:

- єдиного універсального оптимального закону зміни відносного параметра регулювання ГОП для всіх схем ГОП не існує. Це пов'язано в першу чергу з тим, що мінімальні значення перепаду робочого тиску в ГОП, кутової швидкості сателітів, кутової швидкості валу гідронасоса та гідромотора не завжди відповідають мінімальному значенню розбіжності між значеннями кутових швидкостей ведучого та веденого валів зчеплення. У деяких випадках швидкість трактора зменшувалась повільніше, ніж еквівалентні їй параметри регулювання гідромашин ГОП за для зниження занадто високого значення розбіжності між значеннями кутових швидкостей ведучого та веденого валів зчеплення, а іноді швидше – в цьому випадку значення перепаду робочого тиску в ГОП, кутової швидкості сателітів, кутової швидкості валу гідронасоса та гідромотора встановлювалися мінімальні з можливих;

- використання закону зміни відносного параметра регулювання ГОП в процесі гальмування колісних тракторів з безступінчастими ГОП при кінематичному відриві двигуна від ведучих коліс, при якому значення параметрів регулювання гідромашин ГОП відповідають зміні дійсної швидкості трактора, прийнятне для всіх варіантів схем ГОП, що підтверджено і теоретичними дослідженнями;

- трансмісія зберігає працездатність та всі параметри знаходяться в рекомендованих межах лише за відсутності блокування коліс трактора.

Не залежно від схем ГОП [8], що розглядалися, варіанту розміщення зчеплення та умов експлуатації, при гальмуванні з антиблокувальною системою, в порівнянні з екстреним гальмуванням за рахунок гальмівної системи при кінематичному відриві двигуна від ведучих коліс, спостерігається підвищення гальмівної ефективності та зниження відхилення від заданої траєкторії (при збереженні силових та кінематичних параметрів трансмісії в межах допустимих значень).

У разі технічної неможливості реалізації при екстреному гальмуванні при кінематичному відриві двигуна від ведучих коліс зміни значення параметрів регулювання гідромашин ГОП відповідно зміні дійсної швидкості трактора (це пов'язано із суттєвим ускладненням системи керування трансмісією) обов'язкові до

виконання наступні вимоги: гальмування трактора відбувається до повної зупинки; параметри регулювання гідромашин ГОП протягом гальмування залишаються незмінними і відповідають тому значенню, яке вони мали в момент початку гальмування; в момент повної зупинки трактора система керування ГОМТ повинна забезпечити в автоматичному режимі зміну параметрів регулювання гідромашин ГОП до тих значень, що відповідають нульовій швидкості руху трактора.

В результаті вирішення задачі оптимізації встановлено [12], що з точки зору динаміки процесу гальмування та значень узагальненого критерію, зчеплення в ГОМТ з диференціалом на вході рекомендується розміщувати за двигуном або ж в гідравлічній гілці замкнутого контуру ГОМТ перед ГОП (явної переваги жоден із варіантів не має); в ГОМТ з диференціалом на виході перевага надається розміщенню зчеплення в гідравлічній гілці замкнутого контуру ГОМТ за ГОП, на другому місці – в механічній гілці замкнутого контуру ГОМТ, в разі неможливості виконання даних вимог (з конструктивних міркувань) – за двигуном.

Висновки

1. Двупотокові ГОМТ представляють зараз єдиний вид безступінчастих передач, що серійно встановлюються на сільськогосподарських тракторах. Область їх використання росте як по числу моделей тракторів, так і по потужності, що передається.

2. Конструкції ГОМТ розвиваються у бік збільшення частини потужності, що передається механічним шляхом і зменшення числа фрикційних багатодискових муфт, відповідно зменшення кількості діапазонів (піддіапазонів) і складних механічних частин.

3. За результатами експериментальних досліджень ступеня стомлення операторів-водіїв колісних тракторів було встановлено, що в момент закінчення дванадцятичасового робочого дня по частоті серцебиття, по методу Акіюші Кітаока та вмісту лактату (молочної кислоти) в крові найменш стомленим виявився оператор-водій трактора «Fendt 936 Vario», трохи більше за нього – на 2,7 – 13,3% (в залежності від номера виміру, виконуваних операцій та методу визначення ступеня стомлення) втомився оператор-водій трактора «Case IH Magnum 255», на 5,4 – 20,0% оператор-водій «Deutz-Fahr Agrottron X720», а найбільш стомленим – на 31,1 – 44,1% виявився оператор-водій «ХТА-200 Слобожанець».

4. Підвищення інтенсивності зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП призводить до збільшення: буксування коліс, перепаду робочого тиску в ГОП, необхідної потужності двигуна за рахунок збільшення дії сили опору прискоренню трактора. Збільшення буксування коліс трактора супроводжується підвищенням перепаду робочого тиску в ГОП, а також збільшенням необхідної потужності двигуна.

5. Розрахунково-теоретичним шляхом підтверджена гіпотеза, що однією з переваг ГОМТ є забезпечення меншого буксування, ніж при ступінчастих трансмісіях на аналогічних режимах роботи. Чим менше інтенсивність зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП, тим яскравіше проявляється різниця в значенні буксування.

6. Найбільш прийнятним службовим способом гальмування, з точки зору навантаження на оператора-водія, є гальмування за рахунок зміни відносного параметра регулювання ГОП при збереженні кінематичного зв'язку з двигуном.

7. Використання закону зміни відносного параметра регулювання ГОП в процесі екстреного гальмування колісних тракторів з безступінчастими ГОМТ при кінематичному відриві двигуна від ведучих коліс, при якому значення параметрів регулювання гідромашин ГОП відповідають зміні дійсної швидкості трактора, прийнятне для всіх варіантів схем ГОМТ.

8. З точки зору динаміки процесу гальмування, зчеплення в ГОМТ з диференціалом на вході рекомендується розміщувати за двигуном або ж в гідравлічній гілці замкнутого контуру ГОМТ перед ГОП (явної переваги жоден із варіантів не має); в ГОМТ з диференціалом на виході перевага надається розміщенню зчеплення в гідравлічній гілці замкнутого контуру ГОМТ за ГОП, на другому місці – в механічній гілці замкнутого контуру ГОМТ, в разі неможливості виконання даних вимог (з конструктивних міркувань) – за двигуном.

Список використаних джерел

1. Самородов В.Б. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Автомобильный транспорт. – 2012. – № 30. – С. 13 – 22.

2. Самородов В.Б. Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних тракторів / В.Б. Самородов, В.В. Єпіфанов, А.І. Бондаренко // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 135. – С. 244 – 247.

3. Самородов В.Б. Бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия для тракторов мощностью 220-240 л.с. / В.Б. Самородов, С.В. Калинин, З.Э. Забелышинский, С.А. Шуба, О.И. Деркач // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2013. – № 1. – С. 17 – 21.

4. Самородов В.Б. Бесступенчатая двухпоточная гидрообъемно-механическая коробка передач для трактора с двигателем мощностью 300 – 350 л.с. / В.Б. Самородов, С.А. Шуба, О.И. Деркач // Тракторы- и сельхозмашины. – 2012. – № 3. – С. 10 – 13.

5. Айтцетмюллер Х. Функциональные свойства и экономичность тракторной и специальной техники с трансмиссиями VDC / Х. Айтцетмюллер // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 1(6). – С. 20 – 24.

6. Самородов В.Б. Аналіз ступеня стомлення операторів-водіїв сучасних колісних тракторів / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Вісник НТУ «ХП». Серія: «Автомобіле- та тракторобудування». – 2014. – № 8 (1051). – С. 14 – 25.

7. Самородов В.Б. Синтез безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних тракторних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко, Д.А. Подмолода // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Серія: Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2013. – № 135. – С. 140 – 150.

8. Samorodov V.B. Synthesis of hydrostatic mechanical transmission of wheeled tractors for agricultural purposes / V.B. Samorodov, A.I. Bondarenko // Eastern European Scientific Journal: Düsseldorf (Germany): Auris Verlag. – 2014. – № 6. – P. 280 – 284.

9. Самородов В.Б., Бондаренко А.И. Особенности процесса разгона колесных тракторов с гидрообъемно-механическими трансмиссиями // Материалы первой международной научно-практической конференции «Инновации и исследования в транспортном комплексе», 23 – 24 мая 2013 г., Курган / ЗАО «Курганстальмост». – Курган: ЗАО «Курганстальмост», 2013. – С. 135 – 141.

10. Самородов В.Б. Експериментальне дослідження робочих процесів у гідрооб'ємно-механічних трансмісіях з диференціалом на вході та з диференціалом на виході / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – № 39. – С. 60 – 67.

11. Самородов В.Б. Результаты экспериментального исследования процессу гальмування колісного трактора «Fendt 936 Vario» / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2014. – № 3/2 (17). – С. 54 – 59.

12. Бондаренко А.І. Динаміка процесу гальмування колісних тракторів з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями // Збірка тез міжнародної науково-практичної конференції з нагоди Дня автомобіліста і шляховика: «Новітні технології розвитку конструкції, виробництва, експлуатації, ремонту і експертизи автомобіля», 15 – 16 жовтня 2014 р., м. Харків) / Міністерство освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2014. – С. 18.

Аннотация

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЕМ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ГИДРООБЪЕМНО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ТРАНСМИССИЯМИ

Бондаренко А.И.

Определены тенденции развития бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий и перспективы их применения в тракторостроении; путем экспериментальных исследований степени усталости операторов-водителей колесных тракторов с гидрообъемно-механическими трансмиссиями и разнообразными механическими трансмиссиями выполнена количественная оценка эргономичности исследуемых тракторов; формализовано распределение кинематических, силовых и энергетических параметров гидрообъемно-механических трансмиссий различных структур с тщательным учетом потерь; установлены и систематизированы основные закономерности рабочих

процессов, включая циркуляцию мощности, в бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссиях; установлена взаимосвязь между рабочими процессами в гидрообъемно-механических трансмиссиях и процессом буксования трактора при разгоне; установлено и систематизировано влияние способов реализации служебного и экстренного торможения, условий эксплуатации, законов нажатия на педаль тормоза и законов изменения параметров регулирования гидромашин гидрообъемной передачи на кинематические, силовые и энергетические параметры гидрообъемно-механических трансмиссий различных структур, а также управляемость и тормозную эффективность; определены с точки зрения динамики процесса торможения оптимальные места расположения сцепления в гидрообъемно-механических трансмиссиях как с дифференциалом на входе, так и дифференциалом на выходе.

Abstract

SCIENTIFICALLY-APPLIED BASES OF SYSTEMS ANALYSIS AND MANAGEMENT BY BRAKING OF THE WHEELED TRACTORS OF THE AGRICULTURAL SETTING WITH OF HYDROSTATIC-MECHANICAL TRANSMISSIONS

A. Bondarenko

The progress trends of hydrostatic-mechanical transmissions and prospect of their application are certain tractorbuilding; by experimental researches of degree of fatigue of operators-drivers of the wheeled tractors with hydrostatic-mechanical transmissions and various mechanical transmissions the quantitative estimation of the comfort explored tractors is executed; distributing of kinematics, power and power parameters of hydrostatic-mechanical transmissions of different structures is formalized with the careful account of losses; set and systematized basic conformities to the law of working processes, including circulation of power, in hydrostatic-mechanical transmissions; intercommunication is set between working processes in hydrostatic-mechanical transmissions and process of skidding of tractor at the acceleration; it is set and systematized influence of methods of realization of the official and urgent braking, external environments, laws of pressure, on the pedal of brake and laws of change of parameters of adjusting of hydromachine hydrostatic-mechanical on the kinematics, power and power parameters of hydrostatic-mechanical transmissions of different structures, and also dirigibility and brake efficiency; the optimum places of location of coupling are certain from point of dynamics of braking process in hydrostatic-mechanical transmissions both with a differential on the entrance and by a differential on an output.