

УДК 629.4-592

В.Б. Самородов, професор, д-р техн. наук,

В.В. Єпіфанов, професор, канд. техн. наук,

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

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",

вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна 61002.

vadimsamorodov@mail.ru.

ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ СУЧАСНИХ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

В роботі розглянуто принцип дії гальмівних систем сучасних колісних тракторів, зокрема з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями, проаналізовані гальмівні системи тракторів різної потужності, а також сучасні засоби автоматизації процесу гальмування колісних тракторів.

Ключові слова: колісний трактор, гальмівна система, гідрооб'ємно-механічна трансмісія, антиблокувальна система.

Постановка проблеми. Гальмівна система є однією з найбільш відповідальних систем самохідних машин, тим паче, що деякі сучасні колісні трактори мають максимальну швидкість руху 80 км/год, що пояснюється все більшим виконанням в сільській місцевості тракторами функцій транспортних засобів. За кордоном застосування тракторних транспортних засобів досягло високого рівня. У Німеччині і Франції на частку тракторних перевезень припадає 70 – 80%. Об'єм перевезень тракторним транспортом в деяких країнах Західної Європи, таких, як Польща, Болгарія, Угорщина, складає 50 – 60%. Ріст використання тракторів при перевезенні сільськогосподарських вантажів і в США, воно досягає 35%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням з дослідження процесу гальмування колісних тракторів з механічними ступінчастими та безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями (ГОМТ) присвячені праці [1-7]. Дослідженню процесу гальмування самохідних сільгоспмашин з гідростатичним приводом ведучих коліс (наприклад зернозбиральних комбайнів) та розробці методики визначення гальмівних характеристик даного типу машин присвячені праці вчених Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого [8-10].

Мета та постановка завдань. Метою даної роботи є дослідження гальмівних систем сучасних колісних тракторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: розглянути принцип дії гальмівних систем сучасних колісних тракторів, зокрема з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями, проаналізувати гальмівні системи тракторів різної потужності, а також сучасні засоби автоматизації процесу гальмування колісних тракторів.

Гальмівні системи сучасних колісних тракторів. Гальмівні механізми переважної більшості колісних тракторів, не залежно від типу трансмісії – "мокрі" дискові. У зв'язку з підвищенням у іноземних тракторів транспортних швидкостей до 80 км/год (за статистичними даними максимальну швидкість до 25 км/год мають трактори потужністю до 36 к.с., до 28 км/год – потужністю до 63 к.с., до 30 км/год – потужністю 37...90 к.с., до 35 км/год – потужністю 82...542 к.с., до 40 км/год – потужністю 60...577 к.с., до 50 км/год – потужністю 82...345 к.с., до 60 км/год – потужністю 162...260 к.с., до 70 км/год – потужністю 176...260 к.с., до 80 км/год – потужністю 196...224 к.с.), гальмівними механізмами обладнуються всі 4 колеса на обох осях (починаючи з потужності 50 к.с). Гальмування передніх коліс здійснюється як за рахунок блокування валу приводу переднього моста (в цьому випадку, як правило, застосовується гідравлічний гальмівний привід), так і установки додаткових гальм в передньому мосту, зокрема безпосередньо в механізмі передніх коліс.

Збільшення транспортної швидкості до 60 – 80 км/год для роботи з великовантажними причепами вивало необхідність в оснащенні тракторів таким видом робочого устаткування, як гальма причепів, що діють синхронно з гальмами трактора.

На тракторах середньої і високої потужності ширше застосовують гальма причепів, що мають пневмопривід (58%, трактори Fendt, Lamborghini, Valtra та ін.), зокрема зі штатною комплектацією – 42% і за замовленням – 16%. Механічний тип гальм причепа, якими в основному оснащують трактори невеликої потужності, складає 27%, а гідропневматичний (зокрема, на тракторах John Deere, Massey Ferguson) – 15%. При цьому механічним приводом гальм причепа штатно обладнуються трактори потужністю 11...81 к.с., за замовленням – 88...230 к.с.; штатно пневматичним – 111...345 к.с., за замовленням – 90...141 к.с.; штатно гідропневматичним – 135...215 к.с., за замовленням – 95...340 к.с.

Гальмівна система тракторів Fastrac, найшвидших сучасних колісних тракторів, стандартного виконання включає бортові дискові гальма з гальмівними дисками великого діаметру на кожному колесі, і роз'єми для підключення пневмогальм причепа. Дана безпечна, надійна, легко керована система виграє за рахунок доброго охолодження завдяки гальмівним дискам великого діаметру. Рівень безпеки ще

більш підвищується завдяки розділенню пневматичної і гідравлічної системи на контури переднього і заднього моста [11].

Гальма із здвоєними супортами є стандартним виконанням на машинах моделі 8250 і 3230 (по спеціальному замовленню на машинах моделі 3200). Дана система відрізняється вищими гальмівними характеристиками, що дозволяє значно збільшити енергію гальмування при роботі з великими вантажами.

Останнім часом спостерігається тенденція застосування засобів автоматизації на колісних тракторах.

Для підвищення стійкості та поліпшення керованості британській компанії JCB однієї з перших вдалося оснастити антиблокувальною системою (АБС) трактор сільськогосподарського призначення, використовуючи відпрацьовану технологію, вживану в автомобільній промисловості. Проте тут застосовується система зі зменшеною швидкістю, з поправкою на колеса великого діаметру.

Встановлювана АБС на трактори Fastrac (максимальна швидкість 65 км/год з можливою настройкою на 85 км/год при втраті 15% запасу крутного моменту, гідропневматичний гальмівний привід, сухі дискові гальмівні механізми), в якій використовується 4 датчики і 3 модулятори тиску, щоб забезпечити постійний контроль обертання всіх коліс і незалежне керування обертанням задніх коліс, відповідає всім вимогам європейського законодавства для транспортних засобів зі швидкістю руху понад 40 км/год і масою понад 3,5 тон.

Оскільки система АБС запозичена від легкових і вантажних автомобілів, може скластися враження, що вона дає переваги операторові тільки при пересуванні по дорогах і при високих швидкостях. Проте АБС трактора Fastrac дозволяє забезпечити відмінну керованість і стійкість на польових роботах, і абсолютно спокійно працювати на траві та стерні, а також на ґрунтовій або гравійній поверхні.

На даний момент АБС встановлюється також на колісних тракторах з ГОМТ: New Holland серії T7000, T8000; Case IH Puma, а з 2011 р. і на тракторах Fendt 900 серії (рисунк 1).

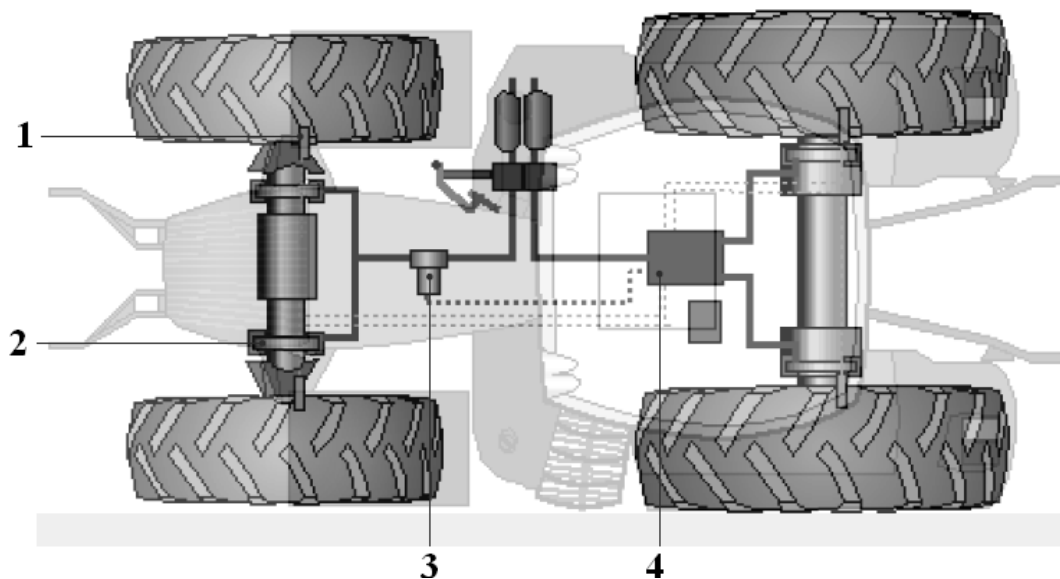


Рисунок 1 – АБС тракторів Fendt 900 серії:

- 1 – датчик; 2 – гальмівний механізм; 3 – модулятор тиску, що здійснює регулювання коліс переднього моста; 4 – модуль АБС, що включає блок керування АБС і модулятор тиску, який дозволяє здійснювати індивідуальне регулювання кожного колеса задньої осі

Система АБС широко використовується в легковому і вантажному автотранспорті, проте інтеграція її в трактор є вельми непростим завданням із-за різних розмірів коліс передньої і задньої осі, величезних розмірів шин, діаметр яких досягає 2,15 м, і пов'язаною з цим інерцією ходових властивостей трактора, що дуже сильно відрізняються від ходових властивостей вантажних або легкових автомобілів. Особливістю АБС тракторів Fendt 900 серії є те, що у зв'язку з високою інерцією коліс трактора, блок керування АБС, при виникненні передумов до блокування якого-небудь з коліс, подає сигнал на розгальмування не тільки відповідному модулятору тиску, а також зв'язується з пристроєм управління трактора. Пристрій управління може керувати колесом, впливаючи на нього через передачу Varіo, якщо модулятор не справляється зі своїми функціями. Обидва передні колеса керуються разом, щоб

підтримувати стабільність 900 Vario, навіть якщо є різні поверхні під кожним колесом, задні колеса керуються кожен індивідуально.

Трактори Fendt 900 серії мають високоефективну гальмівну систему, що практично не вимагає догляду і яка гарантує безпечний рух зі швидкістю 60 км/год. Основу гальмівної системи складають дискові гальмівні механізми з пневматичним приводом, ручне гальмо з пружинним енергоакумулятором. Також здійснювати гальмування можна за рахунок двигуна і коробки передач, переміщаючи джойстик в відповідне положення.

Максимальне уповільнення трактора Fendt 926 Vario при гальмуванні, оснащеного двигуном 286 к.с., що має власну масу 8800 кг, дозволена повну масу 14000 кг, максимальну швидкість руху 50 км/год, складає $4,3 \text{ м/с}^2$.

На даний момент зразки АБС розроблені також для всіх тракторів Puma не залежно від трансмісії і максимальної швидкості. У варіанті з безступінчастою коробкою передач і 60 км/год АБС встановлюється вже серійно, для інших варіантів трансмісій пропонується опціонально. Розроблена Case IH система АБС заснована на компонентах, які також встановлюються на вантажних автомобілях марки Iveco, що належить тому ж концерну. Система працює на стислому повітрі. Перетворювач переводить пневматичні сигнали в імпульси для гідравлічної гальмівної системи, якою оснащений трактор.

Компанія Case IH бачить в цьому безліч переваг. Перш за все, пневматика повинна швидше реагувати, чим гідравліка, що сприяє оптимальному управлінню гальмівною системою. Крім того, виключається негативний вплив температурних перепадів масла. Завдяки відділенню від гідравлічної системи зникає вібрація гальмівної педалі, відома багатьом автоводіям по екстремому гальмуванню.

Блоком управління групуються і оцінюються всі виміри датчиків швидкості, що розташовані на колесах обох осей, – задньої і передньої. Блок управління проводить порівняння даних датчиків і регулює мільйонними долями секунди тиск в гальмівній системі, який через гідравлічний перетворювач впливає на гальмування коліс.

Case IH завіряє, що гальмівний шлях, в порівнянні з чотирма повністю заблокованими колесами, може лише трохи збільшитися тільки в результаті екстремого гальмування. На слизькій і гладкій поверхні він повинен бути навіть менше.

Можливо, що довший гальмівний шлях компенсується точнішим управлінням техніки. Трактор більше не заносить, і він упевнено об'їжджає перешкоди.

АБС трактора не впливає на гальмівну систему причепа, для цього причіп повинен бути оснащений власною АБС.

Серед іншого, на тракторі є функція "Steer by brake", яка забезпечує електронне активування гальмування кожного колеса залежно від повороту керованих коліс. Інтенсивність гальмування і поворот керованих коліс можуть програмуватися водієм. Система завжди активована при швидкості до 20 км/год: водієві достатньо тільки повернути рульове колесо, і трактор автоматично знижує гальмівне зусилля на заднє внутрішнє колесо. При цьому немає необхідності в задіюванні педалі гальма. Завдяки АБС колесо не блокується, а лише пригальмовується. В порівнянні з заблокованим колесом діаметр повороту при цьому трохи збільшується, та зате виключається пошкодження рослинного покриття і прослизання колеса.

Не варто плутати систему "Steer by brake" з системою "Steer by braking", у якій загальмовується одне колесо. Тут інтенсивність гальмування залежить від сили тиску на педаль. Хоча педаль гальма і розділена, електроніка відключає роздільне гальмування досягнувши певної швидкості. Завдяки цьому забезпечується більша безпека їзди, чим при звичайних системах роздільного гальмування коліс, оскільки при русі по дорогах немає необхідності в об'єднанні педалей гальма. Крім того, наявність АБС обумовлює можливість активування функції "Hillholder". Це означає, що після гальмування при підйомі, гальма залишаються задіяними навіть при відпуску педалі і відключаються лише при початку руху. Ця функція є тільки у тракторів з коробкою передач Powershift. Безступінчаті Puma і без цього мають "активний стан спокою".

АБС на даних тракторах включається і відключається вручну. При відключеній системі АБС Puma рухається як звичайний трактор.

Суттєвий прорив в підвищенні активної безпеки своїх тракторів з потужністю двигуна 150 к.с. та більше планує Мінський тракторний завод, який з 2014 року буде встановлювати на своїх тракторах АБС компанії BOSCH.

Висновки. Виконання сучасними колісними тракторами основних технологічних операцій та транспортних робіт не можливе без використання засобів автоматизації процесу гальмування:

- система "Steer by brake" забезпечує невеликий діаметр розвороту без натиснення педалі гальма, оскільки внутрішнє колесо не блокується при гальмуванні, то виключається пошкодження рослинного покриття;

- система "Steer by braking" працює як класична система роздільного гальмування коліс, але з електронним управлінням, що забезпечує підвищення безпеки на дорогах;

– АБС дозволяє підвищити гальмівну ефективність, керованість та стійкість транспортного засобу. Колісні трактори з ГОМТ мають додатковий спосіб службового гальмування: переміщаючи орган керування гідроагрегатами ГОМТ (джойстик) в початкове положення (назад), забезпечується повільне зниження швидкості руху машини аж до повної її зупинки.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Бондаренко А.И. Исследование целесообразности оборудования современных колесных тракторов АБС / А.И. Бондаренко // Вісник національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: зб. наук. праць. Тематичний випуск: Транспортне машинобудування. – 2010. – № 39. – С. 18 – 22.
2. Бондаренко А.И. Математична модель процесу гальмування колісного трактора / А.И. Бондаренко // Вісник національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: зб. наук. праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2011. – № 43. – С. 78 – 83.
3. Бондаренко А.И. Просторова математична модель процесу гальмування колісного трактора FENDT 926 VARIO / А.И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/4 (53). – С. 47 – 51.
4. Самородов В.Б. Динаміка процесу гальмування колісних тракторів серії Fendt 900 Vario / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/7 (61). – С. 4 – 11.
5. Подригало М.А. Влияние блокировки колес на эффективность торможения колесных тракторов классической компоновки / М.А. Подригало, Б.В. Савченков, М.П. Холодов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», Т. 2. – 2011. – № 107. – С. 22 – 30.
6. Тормозные свойства и тормозные механизмы колесных тракторов / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.А. Павленко [и др.]; под ред. Подригало М.А. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 507 с.
7. Либчис С.Е. Требования к тормозным системам тракторов при повышении транспортных скоростей. / С.Е. Либчис, М.А. Подригало // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. – № 11. – С. 20 – 21.
8. Дослідження процесів гальмування самохідних сільгоспмашин з гідростатичним приводом ведучих коліс та розробка методики визначення гальмівних характеристик даного типу машин: звіт про НДР/ Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; кер. О.П. Митрофанов – ДР 0108U003517. – Херсон, 2008. – 49 с.
9. М 5.4-02:2008 Методика визначення гальмівних характеристик самохідних сільськогосподарських машин з гідростатичним приводом ведучих коліс. Введ. 2009-01-01. – Херсон: Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2008. – 14 с.
10. Митрофанов О. Випробування гальмівних систем сучасних зернозбиральних комбайнів за новою методикою / О. Митрофанов, І. Лілевман, О. Лілевман, З. Терещук, // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 9 (12). – С. 16 – 191.
11. Гольятин В.Я. Новые интегральные тракторы JCB / В.Я. Гольятин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 4. – С. 38 – 41.

Надійшла до редакції 23.04.2013 р.

Самородов В.Б., Епифанов В.В., Бондаренко А.И. Тормозные системы современных колесных тракторов.

В работе рассмотрен принцип действия тормозных систем современных колесных тракторов, в частности с бесступенчатыми гидрообъемно-механическими трансмиссиями, проанализированы тормозные системы тракторов разной мощности, а также современные средства автоматизации процесса торможения колесных тракторов.

Ключевые слова: колесный трактор, тормозная система, гидрообъемно-механическая трансмиссия, антиблокировочная система.

Samorodov V.B., Epifanov V.V., Bondarenko A.I. Brake systems of the modern wheeled tractors.

Principle of action of the brake systems of the modern wheeled tractors is in-process considered, in particular with hydrostatic-mechanical transmissions, the brake systems of tractors of different power, and also modern facilities of automation of process of braking of the wheeled tractors, are analysed.

Keywords: wheeled tractor, brake system, hydrostatic-mechanical transmission, antislid system.