

*А.П. Кожушко, С.С. Кравченко, А.Г. Мамонтов, О.О. Болжаларський*

## ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ПОЗДОВЖНИХ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З АГРЕГАТАМИ ПЕРЕМІННОЇ МАСИ

*Матеріали даної статті містять практичні рекомендації щодо експлуатації колісних тракторів з агрегатами перемінної маси (причипних та/або напівпричипних цистерн) без конструктивної модернізації самого агрегату. Оскільки при виконанні транспортної роботи на колісний трактор діють поздовжні коливання, що виникають при коливанні рідини в цистерні, то постає необхідність боротьби з ними. В роботі розглянуті найбільш популярні тягово-зчіпні пристрої, які використовуються при зчіпці сільськогосподарських агрегатів. Відокремлено, що більш пріоритетним є гідрофікований гак, який конструктивно складається з демпферного механізму. Також відмічено, що серед найбільш бажаних трансмісій, якими можуть оснащуватися сучасні колісні трактори, є безступінчасті двопотокові гідрооб'ємно-механічні. Основною їх перевагою, на відміну від трансмісії аналогів, є присутність гідравлічної ланки, за допомогою якої відбувається зменшення механічних коливань агрегата перемінної маси, що надходять через трансмісійну установку. Оскільки до цього часу для тракторобудування основним рушійним енергетичним агрегатом залишається дизельний двигун внутрішнього згорання, в роботі представлено електронну систему мікроконтролерного регулювання частоти обертання колінчастого вала за допомогою керування подачею палива. Основною відмінністю електронної системи мікроконтролерного регулювання частоти обертання колінчастого вала є алгоритм, який базується на тому, що для досягнення рівноважного (сталого) режиму роботи задається необхідне положення паливної рейки, яке позитивно залежить від положення органу керування паливоподачею та негативно – від поточної частоти обертання колінчастого вала, та без внесення значних конструктивних змін у паливну апаратуру дозволяє покращити експлуатаційні характеристики дизеля.*

**Ключові слова:** трактор; агрегат перемінної маси; тягово-зчіпний пристрій; трансмісія; дизельний двигун.

### Вступ

Сьогодні велику роль в економіці держави відіграє транспорт, без його участі практично не можливо здійснювати жоден вид роботи. Транспортні засоби займають першочергове місце в життєдіяльності підприємств, особливо аграрних, оскільки у загальному комплексі сільськогосподарських робіт транспортні операції відносяться до числа найбільш трудомістких і енергоємних процесів. На них припадає близько 30% всіх витрат праці при вирощуванні сільськогосподарських культур, в собівартості продукції транспортні витрати можуть скласти до 40%.

В аграрному секторі при складанні або транспортуванні врожаю використовуються як автомобілі, так і трактори. Вони задіюються майже в кожній транспортній роботі, що, в свою чергу, вимагає дотримання від силового агрегата швидкісних та тягових характеристик.

Великий інтерес викликає проблематика руху транспортного засобу з перемінною масою. Забезпечення функціональної стабільності руху є актуальною проблемою, а її вирішення дозволить збільшити техніко-економічні показники, підвищити технічний рівень, ергономічні властивості транспортних засобів тощо.

### Аналіз літератури

Існує цілий ряд робіт, присвячений дослідженню транспортної роботи машинно-тракторного агрегата з перемінною масою [1, 2]. Ці роботи покликані вирішити питання стабілізації руху колісного трактора за рахунок надання рекомендації управління такими показниками, як техні-

ко-економічними (швидкість руху), енергетичними, стійкості руху (дослідження в сфері керованості транспортного засобу). Проте дані роботи в повній мірі не охоплюють питання транспортування перемінної маси рідких вантажів цистернами.

Перемінна маса транспортного засобу виникає при транспортуванні рідких вантажів тракторними цистернами, в яких, на відмінну від автомобільних [3], відсутні внутрішні перегородки. Зумовлено це, перш за все, низькими швидкостями руху. Але, як засвідчує тенденція розвитку тракторобудування, сучасні виробники тракторної техніки працюють над підвищенням енергонасиченості колісних тракторів [4] та збільшенням мас вантажів, що перевозяться [5]. Так, в роботі [5] наведено світовий різновид причіпних та напівпричипних цистерн, які експлуатуються в сільському господарстві. Зауважимо, що внутрішні перегородки виробниками не встановлюються, або встановлюються з позначки вантажопідйомності тракторних цистерн з 30 т і більше. Тому, зважаючи на це, доречно проводити дослідження щодо забезпечення стійкості транспортного засобу при виконанні транспортної роботи з агрегатами перемінної маси.

Шляхами вирішення цієї проблеми є теоретичне або експериментальне дослідження. В роботах [6] автори теоретичним шляхом провели моделювання руху рідини в ємності та навели математичну модель руху трактора з цистернами.

Дані математичні моделі базуються на моделюванні континуальної моделі низькочастотних коливань оболонки, шляхом досліджень характеристик поперхневих хвиль Релея (тобто за рахунок частинних

похідних), досягаючи при цьому перерозподілу мас в цистерні. Потім континуальну модель перетворили на дискретну, яка з достатньою точністю відтво-

рила рух трактора з агрегатом перемінної маси в динамічній моделі.

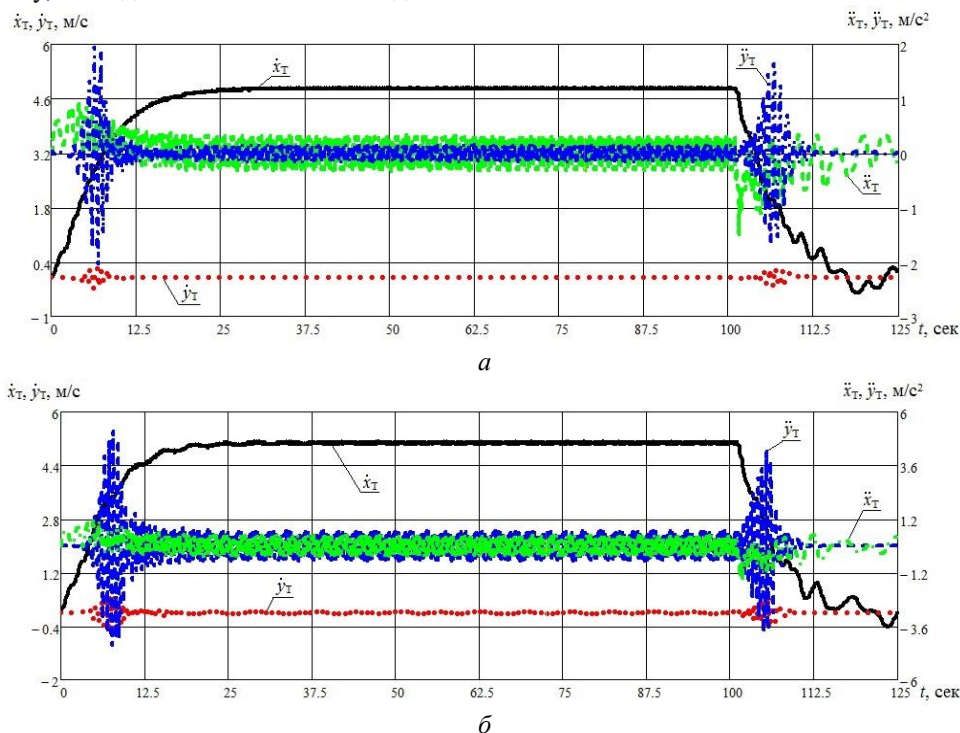


Рис. 1. Графіки швидкості та прискорення основа трактора: а – з причіпною цистерною; б – з напівпричіпною цистерною

Завдяки цьому моделюванню вперше встановлено взаємозв'язок між рухом транспортного засобу з перемінною масою та перерозподілом рідини в цистерні (з урахуванням конструктивних особливостей агрегатів).

Як видно з рис. 1, вплив перерозподілу мас рідини на деяких режимах роботи в поздовжньому та вертикальному напрямках рухів – суттєвий. Відмітимо, що коливальний процес руху представляє собою полігармонічні складові, урівноваження яких повинно відбутися за рахунок впровадження нових конструкцій або запропонування нових принципів автоматизації процесу руху, які б направилися на зменшення (демпфірування) поздовжніх коливань агрегату перемінної маси.

**Метою роботи** є аналіз напрямів досліджень забезпечення стійкості руху колісного трактора при виконанні транспортної роботи з причіпною та напівпричіпною цистернами шляхом наведення рекомендацій щодо зменшення (демпфування) поздовжніх коливань колісного трактора з агрегатом перемінної маси.

**Тягово-зчіпні пристрої.** При виконанні транспортних, технологічних (тягових), транспортно-технологічних операцій з причіпними або напівпричіпними агрегатами трактор оснащується тяго-

во-зчіпними пристроями [7]. На більшості світових колісних тракторів, зазвичай, використовуються три типи тягово-зчіпних пристроїв (рис.2).

Зазвичай тягову вилку використовують при ввімкненому задньому валу відбору потужності. Її монтують на навісний пристрій трактора, що дозволяє транспортувати тільки причіпні агрегати. За рахунок роботи рухомих частин навісного обладнання поздовжні коливання при транспортуванні причіпних агрегатів можуть бути зменшені.

Гідрофікований крюк призначено для зчіпки як напівпричіпних агрегатів, так і причіпних, а завдяки вбудованому демпферному механізму, має властивість зменшувати поздовжні коливання, які мають місце на етапах розгону і гальмування транспортного засобу, а також перевезенню агрегатів перемінної маси.

Маятникова скоба, також, як і гідрофікований крюк, може транспортувати причіпні і напівпричіпні (з обмеженням по вантажопідйомності) агрегати, але має свої переваги при виконанні повороту.

Як видно з опису тягово-зчіпних пристроїв лише гідрофікований крюк може зменшити поздовжні коливання причіпних і напівпричіпних агрегатів. Крім того ведуться роботи [8] щодо перспекти-

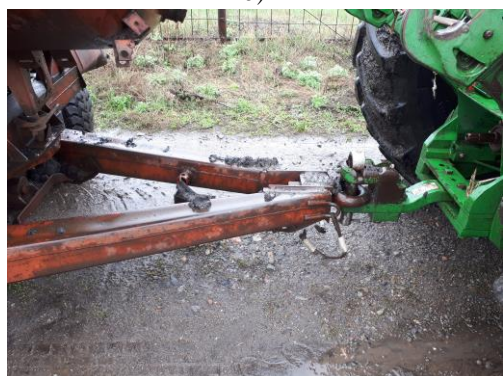
вної конструкції для причіпних агрегатів – тягово-зчіпний пристрій з плаваючою скобою (рис. 3).



а)



б)



в)

Рис. 2. Тягово-зчіпні пристрої колісних тракторів:  
а – причіпна скоба; б – гідрофікований крюк;  
в – маятникова скоба

Як вказує автор роботи [8], наведена на рис. 3 конструкція сприяє підвищенню розгінних та гальмівних властивостей за рахунок автоматизації процесу регулювання тягово-зчіпних властивостей машинно-тракторного агрегата. Дана конструкція є новою і в повній мірі не відомо, як вона буде працювати, з точки зору надійності.

З роботи [9] відомо, що тягово-зчіпні пристрої також можуть бути модернізовані шляхом встановлення додаткових обладнань і виконувати довантажувальні роботи. Така зчіпка буде називатися

тягово-довантажувальною і великої зміни на гасіння поздовжніх коливань не викликатиме.

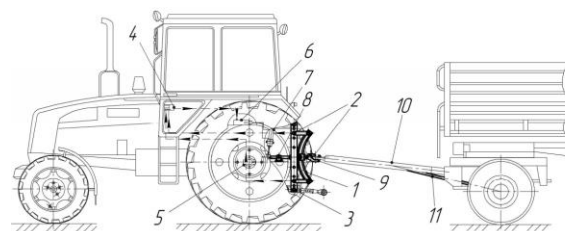


Рис. 3. Пристрій плаваючого типу [9]:

1 – напрямна; 2 – силові датчики тягового навантаження; 3 – вертикальний брус навішування трактора; 4 – електронний блок управління; 5 – датчик буксування; 6 – електрогіддорозподільвачі; 7 – гідроциліндр двосторонньої дії; 8 – для важеля висувної механізми; 9 – тяговий крюк; 10 – днище; 11 – обмежувач вертикального переміщення

Тому проведений аналітичний опис свідчить, що виконання транспортування з агрегатами перемінної маси доцільно проводити з тягово-зчіпним пристроєм, а саме з гідрофікованим крюком.

**Трансмiсія.** Сьогодні колісні трактори оснащуються наступними видами трансмісії [10] (рис. 4): механічною (PowerShift), варіаторною, гідрооб'ємно-механічною, тощо. Відмітимо, що гідротрансформаторна трансмісія, зазвичай, встановлюється на тракторах з гусеничним рушієм, а електромеханічна ще знаходиться на стадії доводки, тому вони розглядатися в статті не будуть.

Найбільш популярним типом трансмісії, яким оснащуються колісні трактори, є механічна. Це обумовлено рядом переваг, особливо експлуатаційними показниками. Але механічна трансмісія забезпечує жорсткий зв'язок між двигуном та рушієм колісної машини, що з урахуванням транспортування агрегатів з перемінною масою (цистерн) є негативним чинником. В цьому плані більш пріоритетною є гідрооб'ємно-механічна трансмісія (ГОМТ). Це обумовлено наявністю гідрооб'ємної передачі (ГОП), яка за рахунок демпфірування рідини в гідравлічній ланці здатна зменшувати вплив поздовжніх коливань транспортного засобу, тим самим забезпечувати сталу роботу двигуна.

Система керування гідрооб'ємно-механічною трансмісією базується на адаптивній (або екстремальній) системі (рис. 5), яка пошуковим впливом здійснює рух в бік екстремумів. Тобто основною метою керування є знаходження траєкторії зміни параметру регулювання гідромашин ГОП, при якій зменшується ефективна потужність двигуна ( $N_E(e) \rightarrow \min$ ) та збільшується крюкова потужність трактора ( $N_K(e) \rightarrow \max$ ).

Оскільки система керування є пошуковою, то в ній не повинно бути завдання (уставка), тому при прирошенні параметру регулювання гідромашин ГОП ( $e$ ) необхідно контролювати тяговий баланс колісного трактора [10]:

$$N_E(e) - \Delta N_{ГОП}(e) - \Delta N_{МЕХ}(e) = G \cdot f \cdot V(e) + N_K(e), \quad (1)$$

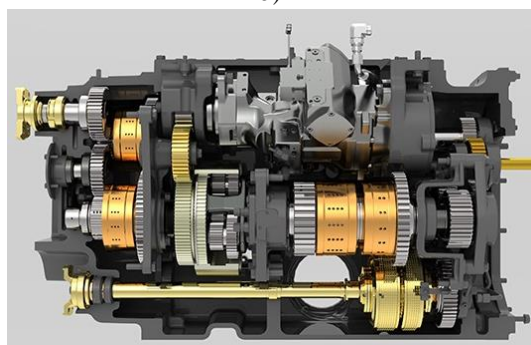
де  $\Delta N_{ГОП}(e)$  та  $\Delta N_{МЕХ}(e)$  – втрати потужності в гідравлічній та механічній гілках ГОМТ, відповідно, як функції значення параметра регулювання гідромашин ГОП ( $e$ ), що визначає швидкісні режими машинно-тракторного агрегата;  $G$  – вага трактора;  $f$  – коефіцієнт опору кочення;  $V(e)$  – дійсна швидкість руху транспортного засобу, яка залежить від параметру регулювання гідромашин ГОП.



а)



б)



в)

Рис. 4. Типи найбільш вживаних трансмісій колісних тракторів:

а – механічна (Claas Axion 800);

б – варіаторна (New Holland); в – гідрооб'ємно-механічна (Case IH Magnum)

Існує декілька різновидів гідрооб'ємно-механічної трансмісії [10 – 12]: диференціал на

вході, диференціал на виході, змішані (тобто має багато піддіапазонів роботи, які можуть складатися зі схем диференціал на вході або на виході). На основі конструктивного розміщення диференціалу можна стверджувати, що розподіл крутного моменту по гілках (механічній та гідравлічній) залежить від передаточного числа планетарного механізму. Тому залежно від конструктивних параметрів гасіння поздовжніх коливань через гідравлічну ланку може складати до 91% [13].

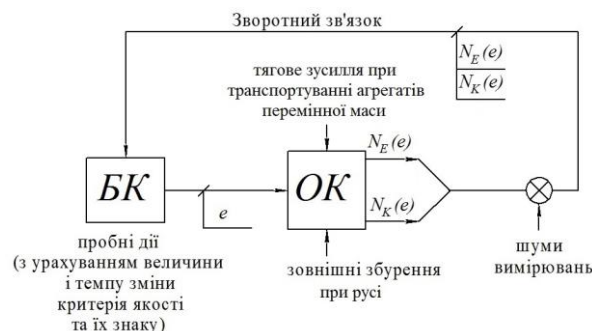


Рис. 5. Адаптивна система керування:

БК – блок керування; ОК – об'єкт керування

Таким чином, наведено можливий спосіб зменшення поздовжніх коливань колісного трактора, які виникають при транспортуванні агрегатів перемінної маси за рахунок впровадження гідрооб'ємно-механічної трансмісії.

**Двигун.** Основним рушійним силовим агрегатом колісного трактора досі залишається двигун внутрішнього згоряння, тому наведення рекомендацій щодо його безперебійної роботи (при впливі коливань в поздовжній площині агрегатів перемінної маси) є пріоритетним.

Сьогодні тенденції розвитку двигунобудування свідчать про масове використання електронних компонентів для керування його агрегатів і систем. Зокрема, електронне керування подачею палива дозволяє більш точно регулювати параметри процесу впорскування.

Існують відомі конструкції електронних систем керування подачею палива, зокрема, є регулятор частоти обертання колінчастого вала двигуна [14]. Керування паливо-подачею згідно [14], відбувається електронним блоком керування, що виробляє електричний сигнал для виконавчого механізму, який безпосередньо управляє рейкою паливного насоса високого тиску (ПНВТ). Недоліком такої системи [14] є те, що алгоритм управління засновано на принципі інтерполяції закладених в пам'ять контролера необхідних статичних характеристик регулятора (тобто в табличному вигляді). Це вносить додаткове навантаження на центральний процесор контролера і призводить до збільшення влас-

ного часу (інерційності) електронного регулятора.

Найбільш перспективною, на наш погляд, є електронна система керування подачею палива, що наведена в роботах [15 – 16], яка з точки зору швидкодії та точності має кращі показники, ніж аналогії. Головним новаторством цієї системи є програмний алгоритм роботи, який базується на аналогії з роботою механічного пружинно-важільного регулятора прямої дії та не потребує конструктивних змін у паливній апаратурі.

Управління положенням органу керування паливоподачі (рейкою паливного насоса) та поточною частотою обертання здійснюється шляхом застосування запропонованої формули (2) та таким вибором її коефіцієнтів, який забезпечує будь-які універсальні характеристики дизеля.

Переміщення органу керування паливоподачі (величина регулюючого впливу)  $H_p$  позитивно залежить від положення органу керування паливоподачею  $X$ , та негативно – від поточної частоти обертання (кутової швидкості колінчастого валу)  $n$ , що можна описати формулою [30]

$$H_p = A_1 + A \cdot X - B \cdot n, \quad (2)$$

де  $A_1$ ,  $A$  та  $B$  – сталі (або змінні) коефіцієнти, величина яких визначається, виходячи із заданого ступеня нерівномірності, коефіцієнта пристосовності і максимально допустимої частоти обертання.

Таким чином, без внесення будь-яких конструктивних змін у паливну апаратуру можливо узгодити характеристики двигуна для отримання потрібних експлуатаційних характеристик транспортного засобу.

Функціональна схема такої електронної системи автоматичного керування наведена на рис. 6.

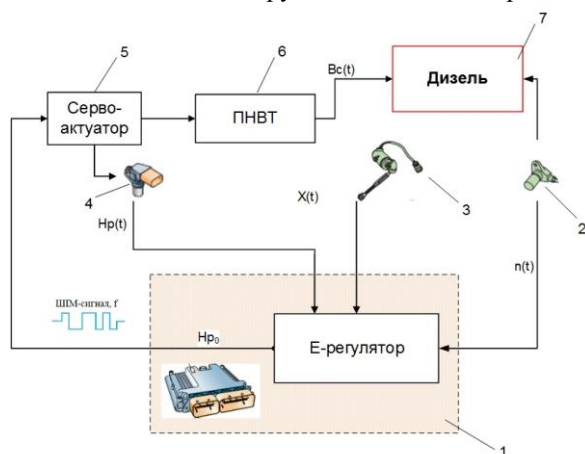


Рис. 6. Функціональна схема електронного регулятора частоти обертання колінчастого валу:

1 – електронний блок керування; 2 – датчик частоти обертання колінчастого валу дизеля або кулачкового валу ПНВТ; 3 – датчики положення педалі акселератора; 4 – датчик положення рейки ПНВТ; 5 – виконавчий механізм; 6 – рейка ПНВТ

Електронний блок керування вносить згаданий вище алгоритм. При ввімкненні запалювання, відсутності сигналу з датчика частоти обертання, ВМ встановлює рейку паливного насоса в положення пускової подачі. При запуску двигуна, про що свідчить наявність сигналу з датчика частоти обертання, ЕБК коректує положення рейки ПНВТ за сигналами датчиків частоти обертання колінчастого валу, положення педалі акселератора та зворотного зв'язку за положенням рейки паливного насоса.

При відсутності сигналу з датчика частоти обертання або наявності сигналу з аварійної кнопки подача палива припиняється [15].

Сукупність таких інноваційних технічних рішень дозволить створити ефективну, з точки зору швидкодії за рахунок зменшення часу плинущого процесу, систему електронного керування подачею палива дизеля та дозволить стабілізувати рух колісного трактора з агрегатами перемінної маси (цистернами) шляхом гасіння поздовжніх коливань нормованою подачею палива.

### Висновки

Наведені практичні рекомендації щодо боротьби з поздовжніми коливаннями транспортного засобу при перевезенні агрегатів перемінної маси (причіпних та/або напівпричіпних цистерн) без конструктивної модернізації агрегата, шляхом застосування тягово-зчіпного пристрою, рекомендацій вибору трансмісії та системи керування подачею палива дизельного двигуна.

Виконання транспортної роботи з агрегатами перемінної маси доцільно проводити в зчіпці з гідрофікованим крюком. Це актуально, адже за рахунок демпферного механізму, який вбудовано в конструкцію гідрофікованого крюка, можливо гасити поздовжні коливання не тільки при розгоні та гальмуванні, а й при сталому русі трактора з цистерною.

Використання гідрооб'ємно-механічної трансмісії також обумовлено здатністю зменшувати сприйняття трактором поздовжніх коливань агрегата перемінної маси шляхом демпферних властивостей гідравлічної ланки.

Оскільки двигун і досі залишається головним джерелом енергії транспортного засобу, то, на думку авторів, представлений в даній статті алгоритм забезпечить стійкий рух в поздовжній площині при виконанні транспортної роботи з агрегатами перемінної маси.

### Список літератури:

1. Шуляк М.Л. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями / М.Л. Шу-

ляк, А.Т. Лебедев, М.П. Артьомов, С.І. Калінін // *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортно-го комплексів*. – 2016. – № 4. – С. 218-226. 2. Juostas A. Investigation of tractor engine power and economical working conditions utilization during transport operation / A. Juostas, A. Janulevičius // *Transport*. – 2008. – № 23 (1). – P. 37-43. 3. Высоцкий М.С. Обеспечение безопасности движения автоцистерн на основе оптимизации конструкции кузова / М.С. Высоцкий, Ю.М. Плещачевский, А.О. Шимановский, М.Г. Кузнецова // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2012. – № 3-4. – С. 142-148. 4. Ребров А.Ю. Определение рациональной энергонасыщенности пахотного МТА на базе колесного сельскохозяйственного трактора / А.Ю. Ребров, В.Б. Самородов, В.В. Кучков // *Механика та машинобудування*. – 2011. – № 1. – С. 136-140. 5. Кожушко А.П. Анализ конструктивных особенностей причинных та напівпричинных цистерн у складі машинно-тракторного агрегату / А.П. Кожушко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – 2019. – № 5 (1330). – С. 34-40. 6. Кожушко А.П. Моделирование пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом / А.П. Кожушко, О.Л. Григор'єв // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – 2018. – № 27 (1303). – С. 34-61. 7. Горшков Ю.Г. Повышение тягово-сцепных свойств колесных машин / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов, Ю.И. Аверьянов и др. // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2004. – № 12. – С. 20-22. 8. Ворохобин А.В. Результаты исследований усовершенствованной конструкции тягово-сцепного устройства трактора / А.В. Ворохобин // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 4(51). – С. 129-139. 9. Щитов С.В. Повышение тягово-сцепных свойств мобильных энергетических средств в транспортно-технологическом обеспечении АПК Дальневосточного федерального округа : монография. / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Н.Н. Сенникова, Н.Ф. Двойнова / Южно-Сахалинск : СахГУ, – 2017. – 176 с. 10. Кожушко А. П. Підвищення техніко-економічних показників колісних тракторів з безступінчастими трансмісіями раціональною зміною параметрів регулювання гідромашин в процесі розгону: автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / А.П. Кожушко. – Харків, 2016. – 24 с. 11. Пелипенко Є.С. Закономірності розподілу кінематичних, силових та енергетичних параметрів гідрооб'ємно-механічної трансмісії при реалізації різних способів гальмування / Є.С. Пелипенко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 14 (1236). – С. 51-57. 12. Mittsel N. Design of the laboratory bench for a hydrovolumetric-mechanical transmission of the tracked tractor / N. Mittsel // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – № 2/7 (92). – С. 34-43. 13. Филичкин Н. В. Анализ планетарных коробок передач транспортных и тяговых машин: учебное пособие. Компьютерная версия, исправленная и дополненная. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 178 с. 14. Патент України на корисну модель UA94865, МПК F02D 1/08, F02D 1/18, опубл. 10.12.2014. Електронний регулятор дизеля. 15. Прохоренко А.О. Розробка універсального електронного регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля / А.О. Прохоренко С.С. Кравченко, І.М. Карягін, Є.Г. Вовк, П.І. Думенко // *Двигуни внутрішнього згорання* – 2017. – № 2. – С. 35-39. 16. Dumenko P. Formation and Study of Static and Dynamic Characteristics of Electronically Controlled Diesel Engine /

Dumenko P., Kravchenko S., Prokhorenko A., Talanin D. // *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. – 2019. – № 2. – p. 12-23.

**Bibliography (transliterated):**

1. Shuliak M., Lebedev A., Artyomov M., Kalinin Ye. (2016), Estimation of functioning of agricultural aggregate according to dynamic criteria [Ocinka funkcionuvannja sil'skogospodars'kogo agregatu za dinamichnimi kriterijami], *Technical service of agro-industrial, forestry and transport complexes*, No. 4, pp. 218-226. 2. Juostas A., Janulevičius A. (2008), Investigation of tractor engine power and economical working conditions utilization during transport operation, *Transport*, No 23(1), pp. 37-43. doi: 10.3846/1648-4142.2008.23.37-43. 3. Vysotsky M., Pleskachevsky Yu, Shimanovsky A., Kuznetsova M., (2012), Ensuring the safety of the movement of tank trucks based on the optimization of the body structure, [Obespechenie bezopasnosti dvizhenija avtocistern na osnove optimizacii konstrukcii kuzova], *Mechanics of machines, mechanisms and materials*, No 3-4., pp. 142-148. 4. Rebrov A., Samorodov V., Kuchkov V. (2011), Determination of rational energy saturation of arable MTA on the basis of a wheeled agricultural tractor, [Opredelenie racional'noj jenergonasyshennosti pahotnogo MTA na baze koliesnogo sel'skhozajstvennogo traktora], *Mekhanika and machine-blowing equipment*, No. 1., pp. 136-140. 5. Kozhushko A. (2019), Analysis of design features of trailer and semitrailer tanks in the machine-tractor aggregate, [Analiz konstruktivnih osoblivostej prichipnih ta napivprichipnih cistern u skladi mashinno-traktornogo agregatu], *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, No. 5 (1330), pp. 34-40. doi:10.20998/2413-4295.2019.05.05. 6. Kozhushko A., Grigoriev O., (2018), Simulation of coupled oscillations of a wheeled tractor and liquid tanks on a direct path with complex relief // *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, No. 27 (1303), pp. 34-61. 7. Gorshkov Yu., Bogdanov A., Averyanov Yu. (2004), Increasing the traction properties of wheeled machines, [Povyshenie t'jagovo-scepnih svojstv kolesnyh mashin], *Mechanization and Electrification of Agriculture*, 2004, No 12, pp. 20-22. 8. Vorokhobin A.V. (2016), Results of studies of the improved design of the trailer coupling device, [Rezultaty issledovanij usovershenstvovannoj konstrukcii t'jagovo-scepnogo ustrojstva traktora], *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, № 4 (51), pp. 129-139. doi: 10.17238 / issn2071-2243.2016.4.129. 9. Shchitov S.V., Krivutsa Z.F., Sennikova N.N., Dvoynova N.F. (2017), Increasing the traction properties of mobile energy in the transport and technological support of the agroindustrial complex of the Far Eastern Federal District: a monograph, [Povyshenie t'jagovo-scepnih svojstv mobil'nyh jenergeticheskikh sredstv v transportno-tehnologicheskom obespechenii APK Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga : monografija], *Yuzhno-Sakhalinsk: SakhsU*, 176 p. 10. Kozhushko A.P. (2016), Improvement of techno-economic indices of wheeled tractors with stepless transmissions rational change of parameters of regulation of guide-motors in the process of dispersal: Ph. D. [Pidvishchennja tehniko-ekonomichnih pokaznikiv kolisnih traktoriv z bezstupinchastimi transmissijami racional'noju zminuju parametriv reguljuvannja gidromashin v procesi rozgonu: avtoref. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk], *Kharkiv*, 24 p. 11. Pelipenko E. (2017), Patterns of the distribution of kinematic, power and energy parameters of a hydromechanical transmission in the implementation of various methods of braking, [Zakonomirnosti rozpodilu kinematichnih, silovih ta energetichnih parametriv gidroob'emnomehaničnoj transmissii pri realizacii riznih sposobiv gal'muvannja], *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, *Kharkiv: NTU "KhPI"*, No. 14 (1236), pp. 51-57. 12. Mittsel N. (2018), Design of the laboratory bench for a hydrovolumetric-mechanical transmission of the tracked tractor, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No 2/7 (92), pp. 34-43. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2018.126548. 13. Filichkin N.V. (2008), Analysis of planetary gearboxes of transport and traction machines: a tutorial. Computer version, revised and updated, [Analiz planetarnyh korobok peredach transportnyh i t'jagovyh mashin: uchebnoe posobie. Komp'juternaja versija, ispravlennaja i dopolnennaja], *Chelyabinsk: Izd. SUSU*, 178 p. 14. Golovchuk A.F., Gabriel Yu.I., Golodnyak R.I., Tyshchuk O.P. Lviv National Agricultural University. 2014. Electronic diesel regulator. UA. Pat. 94865. 15. Prokhorenko A.O., Kravchenko S.S., Karyagin I.M., Vovk Ye.G., Dumenko P.I. (2017), Development of

*universal electronic regulator of the frequency of rotation of a crankshaft of a diesel engine [Rozrobka universal'nogo elektronnoho reguljatora chastoiti obertannja kolinchastogo valu dizelja], Internal Combustion Engines, No. 2, pp. 35-39. 16. Dumenko P., Kravchenko*

*S., Prokhorenko A., Talanin D. (2019), Formation and Study of Static and Dynamic Characteristics of Electronically Controlled Diesel Engine, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, №2, pp. 12-23. DOI: 10.2478/lpts-2019-0009.*

Надійшла до редакції 01.06.2019 р.

**Кожушко Андрій Павлович** – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобіле- та тракторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, orcid: 0000-0002-4725-5911, e-mail: Andreykozhusko7@gmail.com.

**Кравченко Сергій Сергійович** – канд. техн. наук, науковий співробітник кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, orcid: 0000-0003-3250-8645, e-mail: kravc4enkoser@gmail.com.

**Мамонтов Анатолій Геннадійович** – старший викладач кафедри автомобіле- та тракторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, orcid: 0000-0002-5586-2113, e-mail: monkhoktar@gmail.com.

**Болжаларський Олександр Олександрович** – аспірант кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин імені О. О. Морозова Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна.

### ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С АГРЕГАТАМИ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ

*А.П. Кожушко, С.С. Кравченко, А.Г. Мамонтов, А.А. Болжаларський*

Приведены практические рекомендации по эксплуатации колесных тракторов с агрегатами переменной массы (прицепных и/или полуприцеп-цистерн) без конструктивной модернизации самого агрегата. Поскольку при выполнении транспортной работы на колесный трактор действуют продольные колебания, возникающие при колебании жидкости в цистерне, то возникает необходимость борьбы с ними. Так, рассмотрены наиболее популярные тягово-сцепные устройства, которые используются при сцепке сельскохозяйственных агрегатов. Подчеркнуто, что более приоритетным является гидрофицированный крюк, который конструктивно состоит из демпферного механизма. Также отмечено, что среди наиболее желаемых трансмиссий, которыми могут оснащаться современные колесные тракторы, является бесступенчатые двухпоточковые гидрообъемно-механические. Основным их преимуществом, в отличие от трансмиссий аналогов, является присутствие гидравлической ветви, с помощью которой происходит уменьшение механических колебаний агрегата переменной массы, поступающих через трансмиссионные установки. Поскольку до сих пор для тракторостроения основным движущим энергетическим агрегатом остается дизельный двигатель внутреннего сгорания, в работе представлено электронную систему микроконтроллерного регулирования частоты вращения коленчатого вала посредством управления подачей топлива. Основным отличием электронной системы микроконтроллерного регулирования частоты вращения коленчатого вала является алгоритм, основанный на том, что для достижения равновесного (устойчивого) режима работы задается необходимое положение топливной рейки, которое положительно зависит от положения органа управления топливоподачей и отрицательно - от текущей частоты вращения коленчатого вала, и без внесения значительных конструктивных изменений в топливную аппаратуру позволяет улучшить эксплуатационные характеристики дизеля.

**Ключевые слова:** трактор; агрегат переменной массы; тягово-сцепное устройство; трансмиссия; дизельный двигатель.

### WAYS TO REDUCE THE INFLUENCE OF LONGITUDINAL OSCILLATIONS OF VEHICLES WITH UNIT VARIABLE WEIGHT

*A.P. Kozhushko, S.S. Kravchenko, A.G. Mamontov, O.O. Bolzhalarsky*

Practical recommendations are given on the operation of wheeled tractors with units of variable mass (trailed and / or semi-trailer tanks) without constructive modernization of the unit itself. Since during the performance of transport work on a wheeled tractor, there are longitudinal vibrations that occur when a fluid oscillates in a tank, it becomes necessary to combat them. Thus, the most popular tie-go-coupling devices that are used when coupling agricultural units are considered. It is highlighted that the priority is a hydroficated hook, which constructively consists of a damping mechanism. It is also noted that among the most desirable transmissions that modern wheeled tractors can be equipped with are infinitely variable double-flow and hydrovolume-mechanical ones. The main advantage of which, in contrast to transmissions of analogs, is the presence of a hydraulic link, with the help of which the mechanical oscillations of a unit of variable mass are reduced, coming in through transmission units. Since, for the tractor industry, the diesel engine of the internal combustion engine still remains the main driving power unit, an electronic fuel management system is presented, which differs from the similar ones in the control algorithm. The main video window of which is the method of microcontroller speed control of the crankshaft, which is based on the fact that to achieve an equilibrium (stable) mode of operation, the required position of the fuel rail is set, which positively depends on the position of the fuel supply control body and negatively on the current crankshaft rotation frequency making any design changes to the fuel equipment, allows to improve the performance of the diesel.

**Key words:** tractor; variable weight unit; traction coupling device; transmission, diesel engine.