

ГРНТИ 68.85.87

УДК 631.372:629.114.2

Щитов С.В., д-р техн. наук, профессор;
Решетник Е.И., д-р техн. наук, профессор;
Кузнецов Е.Е., канд. техн. наук, доцент;
Кидяева Н.П., канд. техн. наук, доцент,
Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия,
E-mail: uoup_dalgau@mail.ru, ji.tor@mail.ru;

Лю Дунгэ, директор научно-исследовательского института механизации,
г. Хэйхэ, провинция Хэйлунцзян, КНР

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЁСНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В силу своей надёжности, универсальности применения и наличия высокого технического ресурса наибольшее распространение в малых предприятиях агропромышленного комплекса Амурской области получили колёсные тракторы класса 1,4 моноблочной компоновки. Агрегатирование этих тракторов во многом обусловлено особенностями его вертикальной нагрузки по осям в пропорции 1:3 и возникающим в связи с этим непропорциональным тяговым усилием, что влияет на курсовую устойчивость, тягово-сцепные свойства энергетического средства, снижает его скоростные характеристики и ограничивает функциональность применения. В статье предлагается способ рационального корректирования сцепного веса между осями трактора, применение которого способно увеличить его тягово-сцепные свойства, снизить буксование и расширить функциональность применения в сельском хозяйстве в целях увеличения производительности, конструкция устройства для коррекции сцепного веса и рассматриваются конструктивно-режимные параметры его работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ТРАКТОР, КОЛЁСНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ, ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ, НАГРУЗКА, СЦЕПНОЙ ВЕС, ЦЕНТР МАСС, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

UDK 631.372:629.114.2

Shchitov S.V., Dr Tech. Sci., Professor;
Reshetnik E.I., Dr Tech. Sci., Professor;
Kuznetsov E.E., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Kidyaeva N.P., Cand. Tech. Sci., Associate Professor
Far Eastern State Agrarian University,
Blagoveshchensk, Amur region, Russia
E-mail: uoup_dalgau@mail.ru, ji.tor@mail.ru;

Lu Dunge, Heihe, Tsi Shougan,
Heihe, Heilongjiang Province, PRC

THE EFFECT OF REDISTRIBUTION OF THE COUPLING WEIGHT ON DESIGN PARAMETERS OF THE WHEEL OF POWER TOOLS

Because of its reliability, versatility of use and availability of high technical resource in most small enterprises of the agroindustrial complex of the Amur region got wheel tractors class 1.4 monoblock layout. Supplying these tractors largely due to peculiarities of its vertical load on axes at a ratio of 1:3 and arising in connection with this disproportionate tractive effort, which affects stability, traction-traction energy funds, reduces its speed characteristics and limits the

functionality of the application. The article provides a rational adjustment of the coupling weight between the axles of the tractor, which can increase its grip properties reduce slipping and extend the functionality of the application in order to increase agricultural productivity, the design of a device for coupling correction weight and are considered structurally-modal parameters of its work.

KEYWORDS: ENERGY MEANS, A WHEELED TRACTOR PROPELLER, REDISTRIBUTION OF LOAD, OPERATING WEIGHT, CENTER OF MASS, PERFORMANCE EFFICIENT

В процессе выполнения сельскохозяйственных работ при агрегатировании колёсных энергетических средств (колёсного трактора) моноблочной компоновки навесными сельскохозяйственными орудиями или их использовании в составе тракторно-транспортных агрегатов (ТТА) возможно возникновение эффекта потери курсовой устойчивости вследствие конструкционной непропорциональной нагруженности осей трактора, что оказывает влияние на тягово-сцепные свойства энергетического средства, снижая его скоростные характеристики, производительность и эффективность при проведении работ.

Исследования показывают, что стабилизации курсовой устойчивости и повышения тягово-сцепных свойств колёсного энергетического средства можно достичь перераспределением веса между его осями и изменением положения центра масс трактора [1-3].

Так предлагаемое устройство, корректор вертикальной нагрузки энергетического средства [5] (рис.1а, рис.1б), способно перераспределять часть собственной нагрузки трактора между его задним ведущим мостом и передним управляемым мостом через натяжение силовым гидроцилиндром гибкой цепной силовой связи.

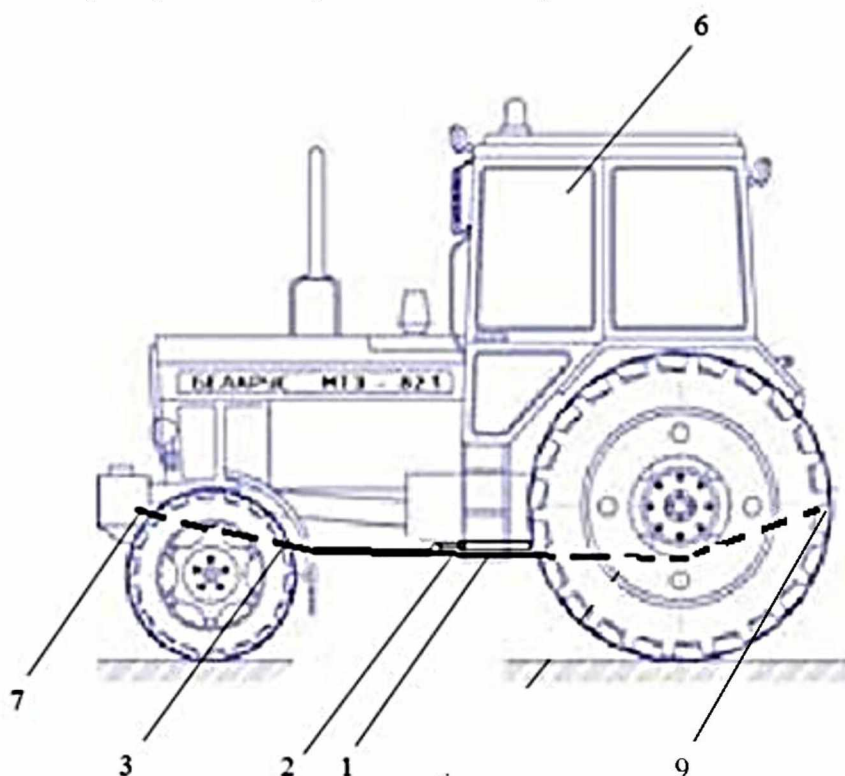


Рис. 1. Колёсное энергетическое средство с установленным корректором вертикальной нагрузки:

1 – тягово-догружающее устройство, 2- силовой гидроцилиндр, 3- гибкая цепная силовая связь, 4 – установочный кронштейн, 5- коробка перемены передач, 6- трактор, 7- передний управляемый мост, 8- вилка рабочего штока гидроцилиндра, 9-сцепное устройство

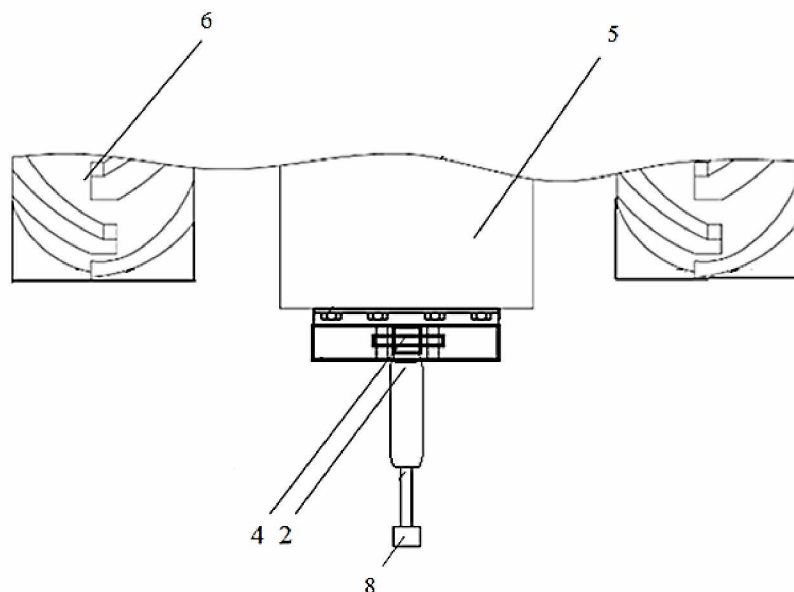


Рис.2. Принципиальная схема установки силового гидроцилиндра корректора вертикальной нагрузки энергетического средства

Корректор вертикальной нагрузки энергетического средства содержит тягово-догружающее устройство 1, состоящее из силового гидроцилиндра 2 и гибкой цепной силовой связи 3 с проушинами. Силовой гидроцилиндр установлен в кронштейне 4, смонтированном на болтовых соединениях в нижней части коробки передач 5 трактора 6, гибкая цепная силовая связь протянута через переднее сцепное устройство и верхнюю часть чужка переднего управляемого моста 7 трактора, проходит через вилку 8 рабочего штока гидроцилиндра и установлена проушиной в сцепном устройстве 9 трактора, при этом гибкая цепная силовая связь закреплена в вилке гидроцилиндра и звене гибкой цепной силовой связи фиксирующим пальцем.

Устройство работает следующим образом:

При движении колёсного энергетического средства, по грунтам с низкой несущей способностью, увеличении буксования или при отрыве переднего управляемого моста от поверхности, машинист-оператор через гидрораспределитель трактора, подаёт рабочую жидкость в силовой гидроцилиндр, при этом вилка рабочего штока гидроцилиндра натягивает гибкую цепную силовую связь, что ведёт к пере-

распределению весовой нагрузки с агрегируемой навесной системы и задних ведущих колёс трактора на передний управляемый мост, смещая расположение центра масс трактора, увеличивая его устойчивость к опрокидыванию, стабилизируя курсовую устойчивость, повышает тягово-сцепные свойства, а также проходимость агроагрегата по слабонесущим грунтам.

При необходимости перераспределения вертикальной нагрузки с переднего управляемого моста на задние ведущие колёса и корму трактора, машинист-оператор подаёт рабочую жидкость в другую полость силового гидроцилиндра. При этом рабочий шток гидроцилиндра задвигается, натягивая гибкую цепную силовую связь, тем самым перераспределяя нагрузку с переднего управляемого моста на задние ведущие колёса и корму трактора, что также повышает тягово-сцепные свойства энергетического средства.

Рассмотрим конструкцию трактора при перераспределении веса в ходовой системе колёсного энергетического средства в режимах работы устройства используя известные зависимости [4]:

В статичном неподвижном положении колёсного энергетического средства (рис.2);

- перераспределение весовой нагрузки с заднего ведущего моста на передний управляемый мост энергетического средства (рабочий режим 1) (рис.3);
- перераспределение весовой нагрузки с переднего управляемого моста на задний ведущий мост энергетического средства (рабочий режим 2) (рис.5).

Для определения реакции опор энергетического средства на поверхность без работы устройства перераспределения веса составим уравнение равновесия трактора,

используя рисунок 2, где Y_{II} и Y_B – реакции поверхности под передним и ведущим мостами трактора, G – вес трактора, H , L – колёсная база трактора, м., a_y – расстояние от точки приложения весовой нагрузки на заднем ведущем мосту трактора до вертикальной проекции центра масс трактора, м., угол α – угол между линией, соединяющей точки крепления цепной силовой связи устройства и горизонтальной проекцией нижней точки крепления силовой связи, C – центр масса трактора.

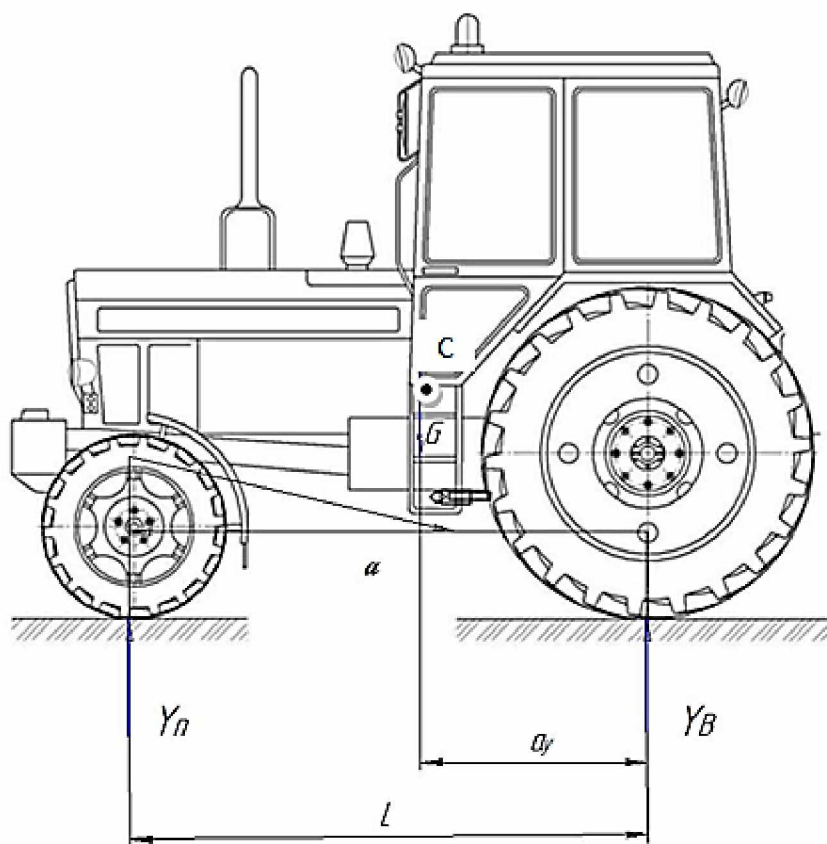


Рис. 2. Схема к определению реакции опор энергетического средства на поверхность в статичном неподвижном положении

При $\sum M_{II} = 0$
 $-Y_B \times L + G(L - a_y) = 0,$ (1)

при $\sum M_B = 0$
 $Y_{II} \times L - G \times a_y = 0,$ (2)

тогда получаем
 $Y_B = \frac{G(L - a_y)}{L},$ (3)

$Y_{II} = \frac{Ga_y}{L}.$ (4)

Рассмотрим положение центра масс трактора и составим уравнение равновесия

При $\sum M_C = 0$
 $-Y_{II} \times (L - a_y) + Y_B \times a_y = 0,$ (5)

или $-Y_{II}L + Y_{II}a_y + Y_Ba_y = 0,$ (6)

при решении получаем
 $a_y = \frac{Y_{II}L}{Y_{II} + Y_B}.$ (7)

Составим уравнения равновесия для определения реакции опор трактора на поверхность при выдвигении штока гидроцилиндра устройства (режим работы 1)

(рис.3). Усилие гидроцилиндра P_B принимаем как усилие на ходовую систему трактора, передаваемое по гибкой силовой связи из зоны её крепления на кронштейне вблизи ведущих колёс.

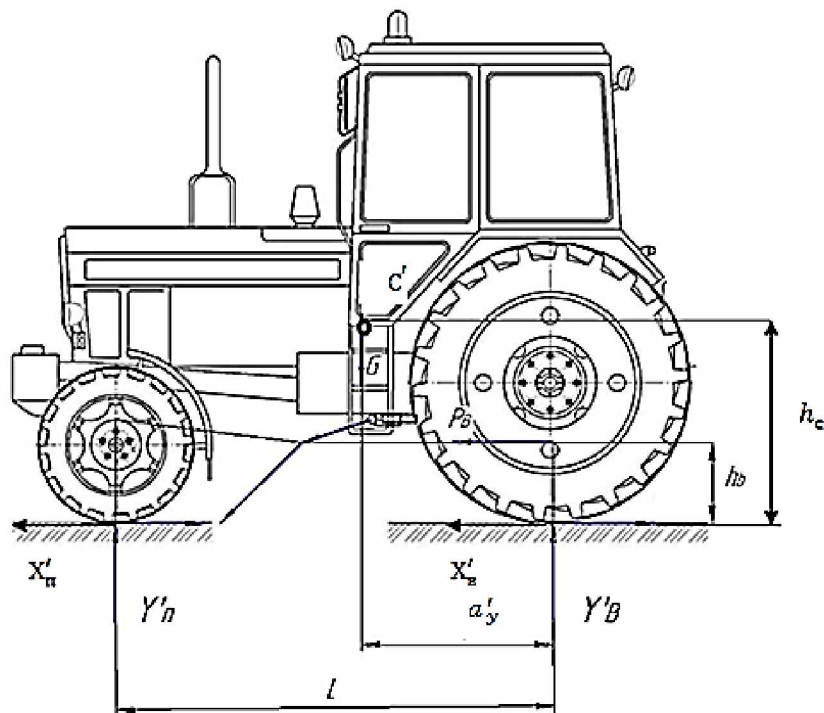


Рис. 3. Схема к определению реакции опор энергетического средства на поверхность (режим 1),

где $Y'_B, Y'_п$ - вертикальные реакции поверхности под передним и ведущим мостами трактора, $X'_B, X'_п$ - горизонтальные реакции поверхности под передним и ведущим мостами трактора, P_B - усилие гидроцилиндра, кПа, h_b - высота установки кронштейна крепления силовой связи устройства на ведущем мосту трактора, м, a'_y - расстояние от точки приложения весовой нагрузки на заднем ведущем мосту трактора до вертикальной проекции центра масс трактора, м, C' - смещённый центр масс трактора

При $\sum M_{п} = 0$

$$-Y'_B \times L - P_B \times h_b + G(L - a'_y) = 0, \quad (8)$$

при $\sum M_B = 0$

$$Y'_п \times L - G \times a'_y - P_B \times h_b = 0, \quad (9)$$

тогда получаем

$$Y'_B = \frac{G(L - a'_y) - P_B \times h_b - G(L - a'_y)}{L} - \frac{P_B \times h_b}{L}, \quad (10)$$

$$Y'_п = \frac{G a'_y + P_B \times h_b}{L} = \frac{G a'_y}{L} + \frac{P_B \times h_b}{L}. \quad (11)$$

Рассмотрим влияние работы устройства на расположение центра масс трактора при перераспределении весовой нагрузки с заднего ведущего моста на пе-

редний управляемый мост энергетического средства (рабочий режим 1) (рис.3, рис.4).

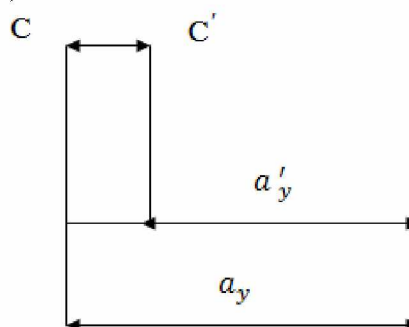


Рис. 4. Схема смещения центра масс трактора при работе устройства в режиме 1

Составим уравнение равновесия

При $\sum X = 0$

$$P_B + X'_B + X'_{II} = 0, \quad (12)$$

$$P_B = X'_B + X'_{II}, \quad (13)$$

При $\sum M_{C'} = 0$

$$-Y'_{II} \times (L - a'_y) - P_B \times (h_c - h_b) + Y'_B \times a'_y + X'_{II} h_c + X'_B h_c = 0, \quad (14)$$

или $-Y'_{II} L + Y'_{II} a'_y - P_B h_c + P_B h_b + Y'_B a'_y + h_c (X'_{II} + X'_B) = 0, \quad (15)$

при решении получаем

$$a'_y = \frac{Y'_{II} L - P_B \times h_b}{Y'_{II} + Y'_B}. \quad (16)$$

Анализ полученных выражений (3,4) и (10,11) показывает, что при выдвигании штока гидроцилиндра устройства (рабочий режим 1) происходит перераспределение весовой нагрузки с заднего ведущего моста на передний управляемый мост трактора (энергетического средства), при этом центр масс трактора (16) производит смещение в направлении кормы и ведущего моста трактора.

Для определения реакции опор трактора на поверхность при задвигании штока гидроцилиндра устройства (режим работы 2) и положения центра масс составим уравнения равновесия (рис.5).

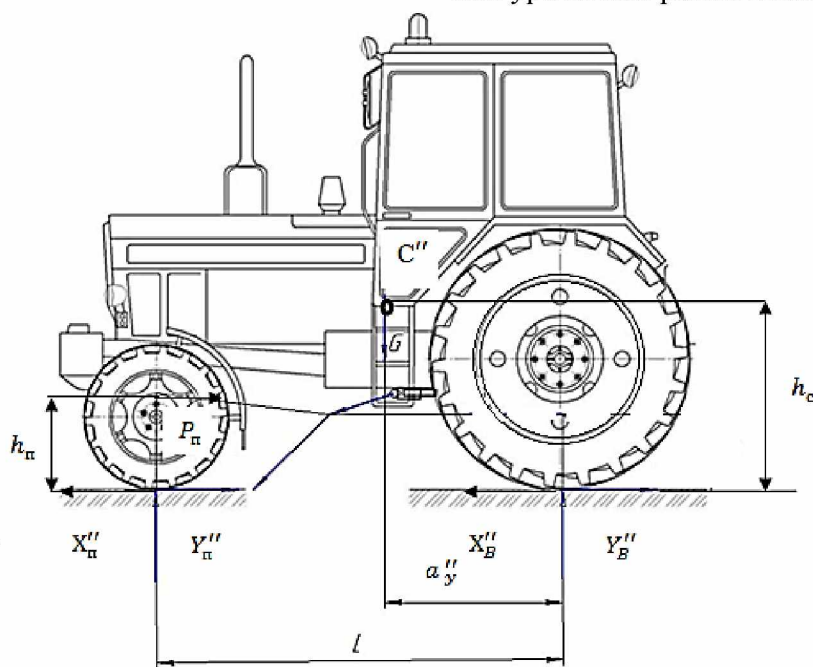


Рис. 5. Схема для определения реакции опор энергетического средства на поверхность (режим 2)

Где Y''_B, Y''_{II} – вертикальные реакции поверхности под передним и ведущим мостами трактора, X''_B, X''_{II} – горизонтальные реакции поверхности под передним и ведущим мостами трактора, P_{II} – усилие гидроцилиндра, кПа, h_{II} – высота установки кронштейна крепления силовой связи устройства на управляемом мосту трактора, м., a''_y – расстояние от точки приложения весовой нагрузки на заднем ведущем мосту трактора до вертикальной проекции центра масс трактора, м., C'' – смещённый центр масс трактора.

Усилие гидроцилиндра P_{II} принимаем как усилие на ходовую систему энергетического средства, передаваемое по гибкой силовой связи из зоны её крепления на переднем управляемом мосту.

Составим уравнение равновесия трактора

При $\sum M_{II} = 0$ $-Y''_B \times L + G(L - a''_y) - P_{II} \times \cos \alpha \times h_{II} = 0, \quad (17)$

при $\sum M_B = 0$ $Y''_{II} \times L - G \times a''_y + P_B \times \cos \alpha \times h_{II} - P_{II} \times \sin \alpha \times L = 0, \quad (18)$

при решении получаем

$$Y''_B = \frac{G(L - a''_y) - P_{II} \times \cos \alpha \times h_{II} - G(L - a''_y)}{L} + \frac{P_{II} \times \cos \alpha \times h_{II}}{L}, \quad (19)$$

$$Y''_{II} = \frac{Ga''_y + P_{II} \times \cos \alpha \times h_{II} + P_{II} \times \sin \alpha \times L}{L} = \frac{Ga''_y}{L} - \frac{P_{II} \times \cos \alpha \times h_{II}}{L} + P_{II} \times \sin \alpha. \quad (20)$$

Рассмотрим влияние работы устройства на расположение центра масс трактора при перераспределении весовой нагрузки с переднего управляемого моста на задний ведущий мост энергетического средства (рабочий режим 2) (рис.5, рис.6) и составим уравнения равновесия относительно смещаемого центра масс трактора.

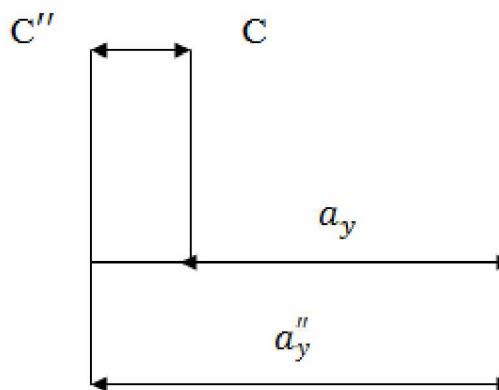


Рис. 6. Схема смещения центра масс трактора при работе устройства в режиме 2

$$\text{При } \sum X = 0 \quad P_{\Pi} \cos \alpha - X_{\Pi}'' - X_B'' = 0, \quad (21)$$

$$\text{или} \quad P_{\Pi} \cos \alpha = X_{\Pi}'' + X_B'', \quad (22)$$

$$\text{При } \sum M_{C''} = 0 \quad -Y_{\Pi}'' \times (L - a_y'') + Y_B'' a_y'' - X_{\Pi}'' h_c - X_B'' h_c + P_{\Pi} \cos \alpha \times (h_c - h_{\Pi}) + P_{\Pi} \sin \alpha \times (L - a_y'') = 0, \quad (23)$$

или

$$-Y_{\Pi}'' L + Y_{\Pi}'' a_y'' + Y_B'' a_y'' - h_c \times (X_{\Pi}'' + X_B'') + P_{\Pi} \cos \alpha h_c - P_{\Pi} \cos \alpha h_{\Pi} + P_{\Pi} \sin \alpha \times (L - P_{\Pi} \sin \alpha \times a_y'') = 0. \quad (24)$$

Используя формулу(22) получаем

$$a_y'' = \frac{-Y_{\Pi}'' L + P_{\Pi} \cos \alpha h_{\Pi} - P_{\Pi} \sin \alpha \times L}{-Y_{\Pi}'' + Y_B'' - P_{\Pi} \sin \alpha}. \quad (25)$$

Учитывая, что значения угла α чрезвычайно малы, следовательно $\sin \alpha \rightarrow 0$, тогда значением $\sin \alpha$ можно пренебречь. В результате формула смещения центра масс трактора в рабочем режиме 2 принимает вид

$$a_y'' = \frac{-Y_{\Pi}'' L + P_{\Pi} \cos \alpha h_{\Pi} - P_{\Pi} \sin \alpha \times L}{-Y_{\Pi}'' + Y_B''}. \quad (26)$$

Общий анализ теоретических исследований и полученных формул (3,4), (10,11) и (19,20) позволяет сделать вывод о следующем:

1). При выдвигении штока гидроцилиндра устройства (рабочий режим 1) происходит перераспределение вертикальной нагрузки с ведущего моста на передний управляемый мост, при этом ведущий мост трактора разгружается, а передний управляемый мост нагружается на величину, равную $\frac{P_B \times h_b}{L}$,

2). При задвигении штока гидроцилиндра устройства (рабочий режим 2) также происходит перераспределение вертикальной нагрузки, при этом ведущий мост нагружается на величину, равную $\frac{P_{\Pi} \times \cos \alpha \times h_{\Pi}}{L}$, а передний ведущий мост разгружается на величину $P_{\Pi} \left(\cos \alpha \frac{h_{\Pi}}{L} - \sin \alpha \right)$;

3) Смещение центра масс трактора происходит: в режиме 1-на величину, равную $a_y' = \frac{Y_{\Pi}' L - P_B \times h_b}{Y_{\Pi}' + Y_B'}$ в сторону кормы трактора, в режиме 2- на $a_y'' = \frac{-Y_{\Pi}'' L + P_{\Pi} \cos \alpha h_{\Pi} - P_{\Pi} \sin \alpha \times L}{-Y_{\Pi}'' + Y_B''}$ в сторону фронтальной части трактора.

3). Перераспределение весовых нагрузок, а, следовательно, изменение центра масс энергетического средства, позволит регулировать положение центра масс трактора, стабилизируя его курсовую устойчивость, снизить возможность опрокидывания, повысить тягово-сцепные свойства, а также проходимость агроагрегата по слабонесущим грунтам.

Список литературы

1. Кузнецов, Е.Е. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: монография/Е.Е.Кузнецов [и др.]// ДальГАУ- Благовещенск, 2013. -153 с.
2. Кузнецов, Е.Е. Расширение функциональных возможностей тракторов класса 1,4/ Е.Е.Кузнецов [и др.]// Дальневосточный аграрный вестник.-2016.- №1(37).-С.64-70.
3. Щитов С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2009.- 325 с.

4. Яблонский А.А. Сборник задач для курсовых работ по теоретической механике. М.: Высшая школа, 1982.-382 с.

5. Гидроцепной регулятор сцепного веса / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.// Пат. на полезную модель № 164794 Рос. Федерация заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет. заявл. 11.12.2015, зарегистрирована 11.12.2015, опубл. 20.09.2016 Бюл. № 26. 10 с.

Reference

1. Kuznetsov E. E. Ispolzovanie mnogoosnykh energeticheskikh sredstv klassa 1.4 (*Using multi-axis energy class 1.4*), monografiya, Blagoveshchensk, 2013, 153 p.

2. Kuznetsov E. E. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey traktorov klassa 1.4 (*Extend the functionality of tractors class 1.4*), Dal'nevostochny agrarny vestnik (*Far Eastern Agrarian Herald*), -2016, No1(37), PP.64-70.

3. Shchitov S. V. Puti povysheniya agrotekhnicheskoy prohodimosti kolyosnykh traktorov v tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur Dal'nego Vostoka (*Ways to improve the agricultural wheel tractors patency in technologies of cultivation of agricultural crops in the far East*): dis... d-ra tekhn. nauk: 05.20.01, Blagoveshchensk, 2009, 325 p.

4. Yablonskii A. A. Sbornik zadach dl'a kursovykh rabot po teoreticheskoi mekhanike (*Collection of tasks for coursework on theoretical mechanics*), M., Vysshaya shkola, 1982, 382 p.

5. Gidrocepnoj regulyator scepного веса (*Regulator coupling Gidrocepnoj weights*) Pat. na poleznuyu model' № 164794 Ros. Federaciya zayavitel' i patentoobladatel' Dal'nevostochnyj gos. agr. universitet. zayavl. 11.12.2015, zaregistrirrovana 11.12.2015, opubl. 20.09.2016, Byul. № 26. 10 p.