

УДК 631.372:629.114.2
ГРНТИ 68.85.87

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

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЦЕПНОГО ВЕСА В ЗВЕНЕ «ПРИЦЕП-КОЛЁСНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО» ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА

Значительная грузоподъемность сельскохозяйственного прицепа и высокие тягово-сцепные свойства энергетического средства при небольших накладных и транспортных расходах позволяют добиться заметного повышения производительности и эффективности при эксплуатации тракторно-транспортного агрегата (ТТА). Однако при трогании с места или движении агрегата в условиях скользкой дороги, бездорожья, малой несущей способности почв, наличия подстилающего мерзлотного слоя нередко наблюдается эффект буксования, возникающий вследствие неполной реализации тягово-сцепных свойств трактора из-за недостаточной вертикальной нагрузки на движители. Решить задачу снижения буксования ТТА предлагается применением устройства, предназначенного для перераспределения сцепного веса в звене «прицеп-колёсное энергетическое средство». В статье также рассматривается конструкция устройства и конструктивно-режимные параметры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНЫЙ АГРЕГАТ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ПРИЦЕП, СЦЕПНОЙ ВЕС, БУКСОВАНИЕ, ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

UDK 631.372:629.114.2

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

REDISTRIBUTION OF THE COUPLING WEIGHT LINK OF «TRAILER-ARMOUR-ENERGY TOOL» TRACTOR VEHICLE UNIT

A large capacity for agricultural trailer and high grip properties of energy funds with little overhead and transportation costs would result in a marked increase in productivity and efficiency when operating the tractor transport unit (TTA). However, starting with the site or traffic aggregation in slippery roads, off-road, low bearing capacity of soils, presence of underlying merzlotnogo layer often skidding effect is observed, due to incomplete implementation of the trailer coupling tractor properties due to insufficient vertical load on the propellers. Meet the challenge of reducing the proposed TTA skidding use device designed to redistribute the weight of the coupling link "trailer-armour-power tool. The article also discusses design and construction-restricted parameters in the work.

KEYWORDS: TRACTOR AND TRANSPORT UNIT, POWER TOOL, TRAILER COUPLING WEIGHT RUNNER, REDEPLOYMENT, EFFICIENCY

При трогании с места или движении тракторно-транспортного агрегата в условиях скользкой дороги, бездорожья, малой несущей способности почв, наличия подстилающего мерзлотного слоя нередко возникает необходимость догружения заднего ведущего моста трактора вследствие буксовании движителей из-за недостаточного сцепного веса. Изменённая вертикальная нагрузка на движители повышает коэффициент сцепления колёсного движителя с грунтом, увеличивая тягово-сцепные свойства энергетического средства и его проходимость по слабонесущим грунтам.

Одним из методов, ведущим к достижению вышеозначенных результатов – это применение устройств для перераспределения сцепного веса между колёсным трактором и прицепом [1-3].

Предлагаемая конструкция - вилочный пневмокорректор машинно-тракторного агрегата (рис. 1а, 1б) выполнена в виде устройства, состоящего из пневморегулятора 1, установленного на фронтальной части поворотной рамы 2 прицепа 3, через пневмоэлектрочлапан подключенного к пневмосистеме прицепа, и корректирующего торсионного рычага 4, включающего торсионную ось 5 с продольными шлицами, вставленную в подшипниковые узлы 6 в отверстиях дышла 7 прицепа, в средней части которой на шлицах установлен силовой рычаг 8, и нажимной реактивной тяги 9 с внутренними шлицами и вилочным демпфером 10, также установленную в продольные шлицы торсионной оси [5].

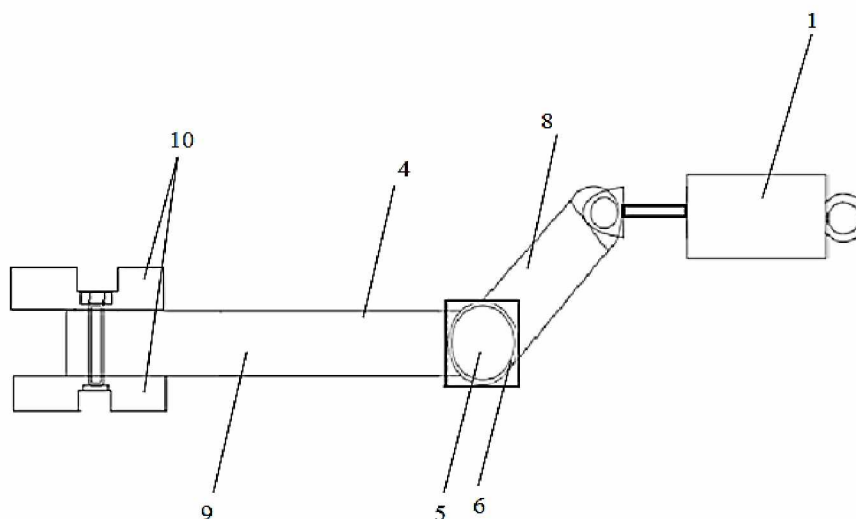


Рис. 1. Принципиальная схема вилочного пневмокорректора машинно-тракторного агрегата

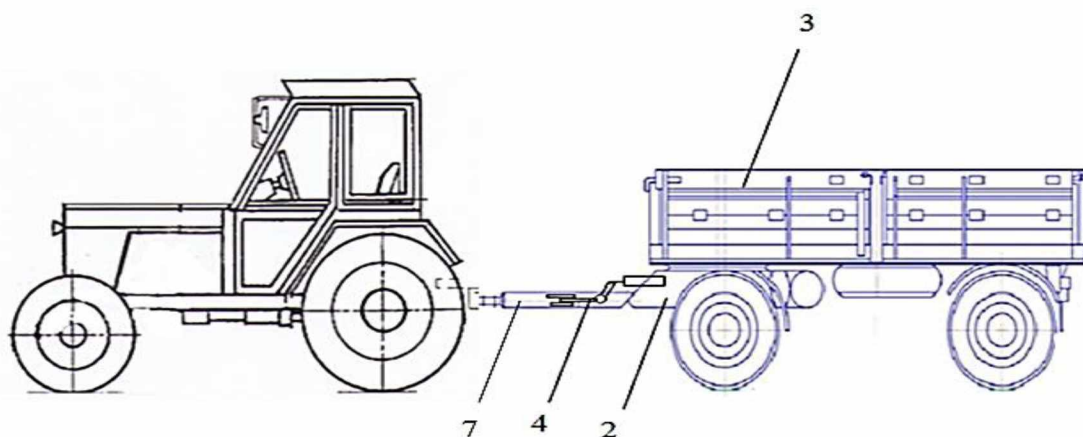


Рис. 2. Схема машинно-тракторного агрегата с установленным вилочным пневмокорректором машинно-тракторного агрегата

При трогании с места или движении колёсных энергетических средств, агрегатированных прицепом, по грунтам с невысокой несущей способностью, увеличении буксования буксирующего энергетического средства, оператор энергетического средства при помощи переключателя тока включает забор воздуха из пневмосистемы прицепа 3 в пневморегулятор 1, шток которого при выходе давит на силовой рычаг 8, поворачивая торсионную ось 5 в подшипниковых узлах 6 до опирания верхней части вилочного демпфера 10 нажимной реактивной тяги 9 на поперечную траверсу дышла 7 прицепа 3 передавая силовую нагрузку с передней части и моста прицепа 3 на сцепное устройство и ведущие колёса буксирующего энергетического средства.

При буксовании заднего ведущего моста оператор при помощи переключателя тока, производит забор и распределение воздуха из пневмосистемы прицепа 3 в пневморегулятор 1, шток которого при втягивании тянет силовой рычаг 8, поворачивая торсионную ось 5 в подшипниковых узлах 6 до опирания нижней части вилочного демпфера 10 нажимной реактивной

тяги 9 на нижнюю часть поперечной траверсы дышла 7 прицепа 3 приподнимая заднюю часть буксирующего энергетического средства, кратковременно приподнимая и вывешивая задний ведущий мост трактора на его сцепном устройстве и шарнирах крепления дышла прицепа, нагружая передний ведущий управляемый мост трактора, позволяя ему произвести передвижение трактора и устраняя застревание ТТА.

В целях теоретического обоснования работы вилочного пневмокорректора машинно-тракторного агрегата рассмотрим равновесие [4] корректирующего торсионного рычага при выдвигении штока пневморегулятора (при горизонтальном расположении шток давит при выходе на силовой рычаг 1 (сила F_n), а нажимная реактивная тяга 2 давит на поперечную траверсу дышла прицепа (сила P - передаваемая нагрузка, H).

Отбросим связи и покажем все силы, действующие на силовой рычаг 1 (рис.3).

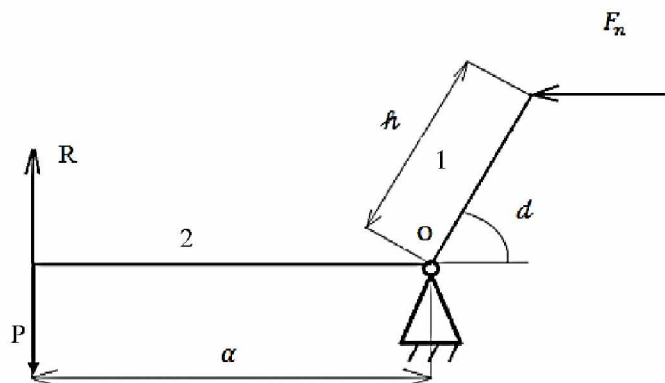


Рис. 3. Схема приложения сил при неперпендикулярном давлении штока пневморегулятора на силовой рычаг

где R - реакция связи поперечной траверсы дышла, H , при $R = -P \cdot h$ - длина силового рычага 1, м; α - длина нажимной реактивной тяги 2, м; d - угол установки рычага 1 к горизонтальной плоскости, проходящей через подшипниковый узел O и включающей нажимную реактивную тягу 2. Уравнение равновесия приобретает вид: при $\sum M_o = 0$,

$$R \cdot \alpha - F_n \cdot h \sin d = 0, \quad (1)$$

или
$$R = P = \frac{F_n \cdot h \sin d}{\alpha}, \quad (2)$$

Аналогично рассмотрим схему равновесия корректирующего торсионного рычага при расположении пневморегулятора перпендикулярно силовому рычагу (рис.4).

Сила давления, приходящаяся на траверсу дышла в этом случае будет равна

$$P = R = \frac{F_n \cdot h}{\alpha}, \quad (3)$$

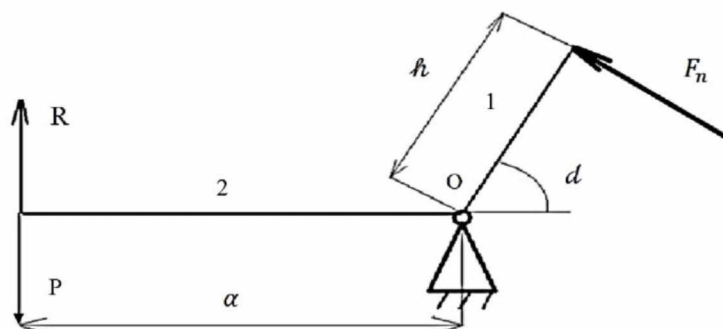


Рис.4. Схема приложения сил при перпендикулярном давлении штока пневморегулятора на силовой рычаг

Сравнивая формулы (1-3) и силы давления на траверсу дышла прицепа, можно сделать вывод о том, что максимальная величина будет достигнута именно при перпендикулярном расположении штока пневморегулятора к силовому рычагу. Она прямо пропорциональна длине силового рычага и силе давления регулятора.

Для определения влияния длины выдвижения штока пневморегулятора на перераспределение части сцепного веса составим уравнение равновесия для дышла прицепа.

Показываем все силы, действующие на поворотную раму и дышло прицепа, отбрасываем связи, заменяя их проекциями, весом дышла пренебрегаем (рис.5).

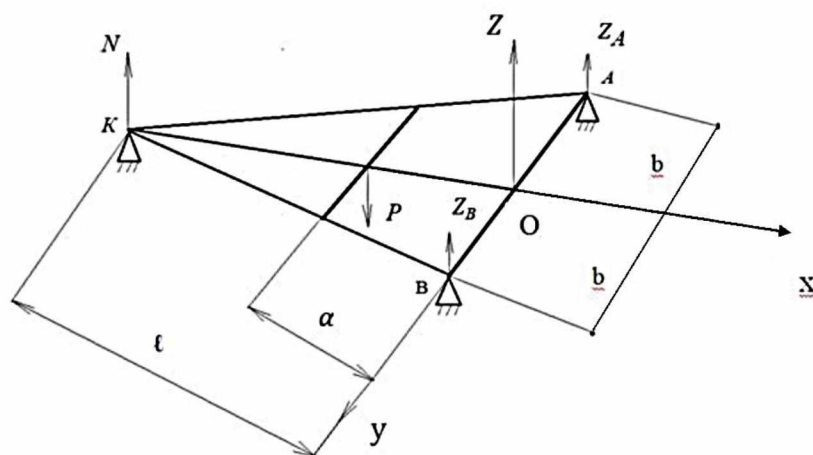


Рис.5. Схема сил, действующая на поворотную раму и дышло прицепа

На систему действуют вертикальные силы, поэтому в шарнирах А и В только вертикальные составляющие $Z_A = Z_B$. Для пространственной системы сил составляем уравнения равновесия:

$$\text{при } \sum M_x = 0 \quad Z_A \times b - Z_B \times b = 0, \quad (4)$$

где $Z_A = Z_B$;

$$\text{при } \sum M_y = 0 \quad P \times \alpha - N \times \ell = 0,$$

$$\text{т.е. } N = \frac{P \times \alpha}{\ell}, \quad (5)$$

$$\text{При } \sum Z = 0 \quad Z_A + Z_B + N - P = 0, \quad (6)$$

$$\text{т.е. при } Z_A = Z_B = \frac{P-N}{2}. \quad (7)$$

где b – расстояние от центра дышла до шарниров крепления, м., ℓ – длина дышла, м., P – передаваемая нагрузка, Н., K – точка крепления дышла (сцепное устройство трактора), N – силовая реакция в точке K , Н.

С учётом выражения (2), получаем

$$N = \frac{P \times \alpha}{\ell} = \frac{F_n \times h}{\alpha} \times \frac{\alpha}{\ell} = \frac{F_n \times h}{\ell}, \quad (8)$$

Тогда с учётом выражения 7

$$Z_A = Z_B = \frac{P-N}{2} =$$

$$\frac{F_n \times h}{\alpha} \times \frac{\alpha}{\ell} = 0,5 F_n \times h \times \left(\frac{\ell - \alpha}{\alpha \ell} \right), \quad (9)$$

Анализируя полученную формулу можно сделать вывод, что в точке *K* (рис.5) происходит опускание дышла прицепа, что приводит к загрузке заднего ведущего моста энергетического средства.

Аналогично определим передаваемую нагрузку при втягивании штока пневморегулятора (рис.6).

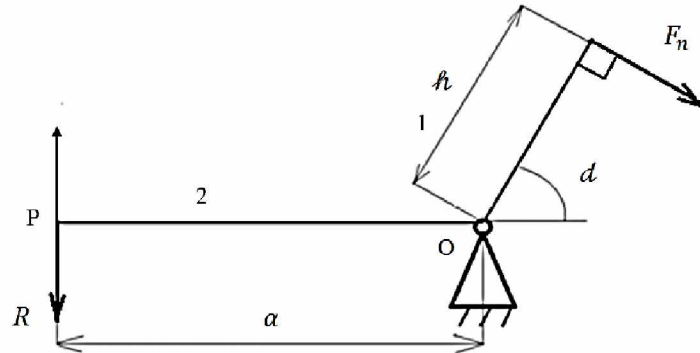


Рис.6. Схема приложения сил при втягивании штока пневморегулятора

В этом случае передаваемая нагрузка *P* равна

$$P = R = \frac{F_n \times h}{\alpha} \quad (10)$$

Рассмотрим действие сил на поворотную раму и дышло прицепа при втягивании штока пневморегулятора (рис.7).

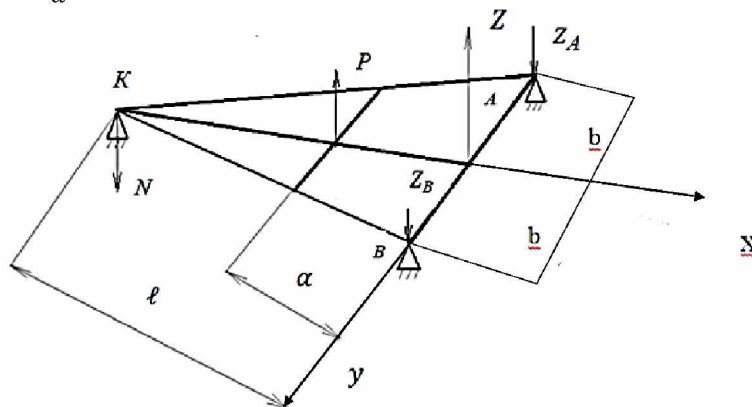


Рис. 7. Схема сил, действующая на поворотную раму и дышло прицепа при втягивании штока пневморегулятора

Составим уравнения равновесия

При $\sum M_x = 0 \quad -Z_A \times b + Z_B \times b = 0$, (11)

где $Z_A = Z_B$

При $\sum M_y = 0 \quad -P \times \alpha + N \times l = 0$,

т.е. $N = \frac{P \times \alpha}{l}$, (12)

При $\sum Z = 0 \quad P - N - Z_A - Z_B = 0$, (13)

т.е. при $Z_A = Z_B = \frac{P - N}{2}$. (14)

С учётом выражения (14) получаем

$$N = \frac{F_n \times h}{\alpha} \times \frac{\alpha - F_n \times h}{l} \quad (15)$$

тогда, при $Z_A = Z_B = \frac{\frac{F_n \times h}{\alpha} - \frac{F_n \times h}{l}}{2} =$

$$0,5 F_n \times h \times \left(\frac{l - \alpha}{\alpha l} \right). \quad (16)$$

Соответственно в точке *K* происходит поднятие дышла прицепа, что приводит к разгрузке заднего ведущего моста энергетического средства.

Для более наглядного представления величин изменения передаваемой нагрузки (*P*) в режимах работы устройства в виде зависимостей от изменения угла (*d*)

и действующей силы (F_n) была составлена комбинированная модель детерминированного факторного анализа (рис.8)

$$P(d;F_n) = -0,00116d^3F_n - 0,3109d^2F_n + 83,207dF_n - 283,6369F_n$$

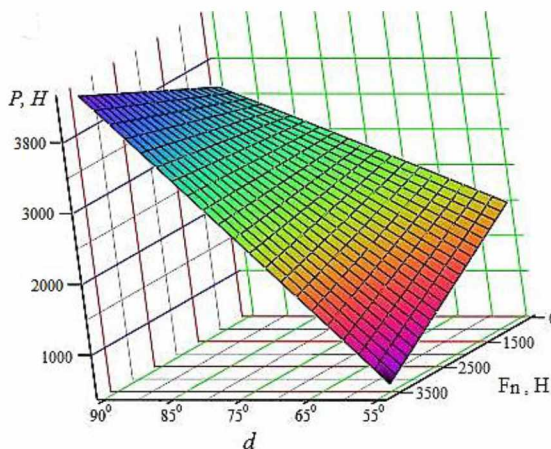


Рис. 8. Комбинированная модель детерминированного факторного анализа работы устройства

Анализируя полученные формулы (8, 9 и 15,16) и представленную модель можно сделать вывод, что силы нагружения и разгружения дышла равны по модулю, но противоположны по направлению, передаваем

мая нагрузка осуществляется согласно полученных закономерностей, что теоретически подтверждает перераспределение сцепного веса в звене «прицеп-колёсное энергетическое средство».

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. Вилочный пневмокорректор машинно-тракторного агрегата / Кузнецов Е.Е.,Щитов С.В.// Пат. на полезную модель № 166864 Рос. Федерация заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет. заявл. 11.12.2015, зарегистрирована 10.12.2016, опубл. 10.12.2016, Бюл. № 45. 10 с.

References

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 kolyosnyh traktorov v tekhnologii vozdel'vaniya sel'skokozyajstvennykh 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. Vilochnyj pnevmokorrektor mashinno-traktornogo agregata (*Lift truck pnevmokorrektor of machinery-tractor unit*) Pat. na poleznuyu model' № 166864 Ros. Federaciya zayavitel' i patentoobladatel' Dal'nevostochnyj gos. agr. universitet. zayavl. 11.12.2015, zaregistrirovana 10.12.2016, opubl. 10.12.2016, Byul. № 45. 10 p.