

УДК 631.372

UDC 631.171

4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)

4.3.1 - Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

**ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ПО СЛЕДУ ДВИЖИТЕЛЯ**

**WAYS TO REDUCE SOIL COMPACTION ALONG PROPULSOR TRACK**

Поликутина Елена Сергеевна  
Кандидат технических наук  
РИНЦ SPIN-код: 5782 -6936  
email: [e.polikytina@mail.ru](mailto:e.polikytina@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Polikutina Elena Sergeevna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI SPIN-code: 5782-6936  
email: [e.polikytina@mail.ru](mailto:e.polikytina@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Кузнецов Евгений Евгеньевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 6082-4770  
email: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Kuznetsov Evgeny Evgenievich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 6082-4770  
email: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Щитов Сергей Васильевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 4944 -6871  
email: [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Shchitov Sergey Vasilyevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 4944-6871  
email: [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Кривуца Зоя Фёдоровна  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 6124 -5403  
email: [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Krivutsa Zoya Fedorovna  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 6124-5403  
email: [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Панова Елена Владимировна  
Кандидат технических наук  
РИНЦ SPIN-код: 1059 -8291  
email: [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Panova Elena Vladimirovna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI SPIN-code: 1059-8291  
email: [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Энергетическая эффективность любой сельскохозяйственной культуры характеризуется двумя основными показателями: общим энергосодержанием в конечно полученном

The energy efficiency of any crop is characterized by two main indicators: the total energy content in the final product and the cost of obtaining it. These indicators largely determine the effectiveness of crop

продукте и затратами на его получение. Эти показатели во многом определяют эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. В последние годы наметилась тенденция снижения урожайности сельскохозяйственных культур в связи с переуплотнением почвы, особенно по следу движения энергетического средства. Установлено, что поверхность поля подвергается многократному уплотнению местами свыше 5 раз. Всё это влечёт за собой снижение плодородия почвы и как результат снижение урожайности. Плотность почвы по следу движения энергетического средства напрямую зависит от среднего давления на неё движителей. Величину плотности почвы возможно снизить путём уменьшения общей массы энергетического средства или путём её перераспределения внутри машинно-тракторного агрегата за счёт установки специальных устройств. Установлено, что использование предлагаемых устройств позволяет снижать нагрузку на движитель энергетического средства за счёт частичного её перераспределения внутри машинно-тракторного агрегата. В зависимости от вида выполняемых работ такое перераспределение составляет от 18% до 37%, что позволяет снижать коэффициент уплотнения почвы. В предлагаемой статье нашли отражение результаты исследований по снижению нагрузки, приходящейся на движитель энергетического средства путём использования специальных устройств

Ключевые слова: ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ТРАКТОР, ПОЧВА, УСТРОЙСТВО, ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ КАЧЕСТВА, УПЛОТНЕНИЕ, ДВИЖИТЕЛЬ

cultivation. In recent years, there has been a tendency to reduce crop yields due to overcompaction of the soil, especially in the wake of the movement of the energy product. It has been found that the field surface is repeatedly compacted in places more than 5 times. All this entails a decrease in soil fertility and, as a result, a decrease in yield. The density of the soil in the trace of the movement of the energy means directly depends on the average pressure of the propellers on it. The value of soil density can be reduced by reducing the total mass of the power supply or by redistributing it inside the machine-tractor unit due to the installation of special devices. It has been established that the use of the proposed devices allows reducing the load on the propulsors of the power vehicle due to its partial redistribution inside the machine-tractor unit. Depending on the type of work performed, such a redistribution ranges from 18% to 37%, which reduces the soil compaction factor. The proposed article reflects the results of research on reducing the load on the propulsor of the energy means by using special devices

Keywords: SOIL COMPACTION FACTOR, ENERGY MEANS, LOAD, PROPULSOR, SOILS, SOIL DENSITY, DEVICE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-197-013>

**Введение.** В связи с растущей конкурентностью сельхозтоваропроизводители стремятся как можно больше снизить общие затраты, связанные с производством и сбытом сельскохозяйственной продукции. Для достижения этой цели необходимо уменьшить число операций, за счёт совмещения ряда работ, путём применения комбинированных сельскохозяйственных агрегатов. В тоже время для использования таких агрегатов возникает необходимость использования мощных энергонасыщенных тракторов способных развивать большие тяговые усилия на крюке. Как известно на величину тягового усилия большое влияние оказывает сцепной вес, который на прямую зависит от

<http://ej.kubagro.ru/2024/03/pdf/13.pdf>

массы энергетического средства. Наряду с возрастанием общей массы энергетического средства возрастает и среднее давление движителей на почву, которое напрямую зависит от нагрузки, приходящейся на ходовую и систему, и площади её контакта с опорным основанием (почвой). Для снижения среднего давления движителей колёсных энергетических средств на почву, путём увеличения площади контакта предусмотрены следующие способы:

- использование арочных шин;
- установка сдвоенных колёс;
- снижение давления в шинах;
- уширители колёс;
- полугусеничный ход.

Более наглядно выше обозначенные способы представлены на рисунке 1.

Наиболее широкое применение в условиях, когда почва имеет слабую несущую способность, нашло установка сдвоенных колёс и использование полугусеничного хода.

Другим показателем, снижающим среднего давления движителя на почву является уменьшение нагрузки на него, которая напрямую влияет на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур изменяя её свойства (рисунок 2).

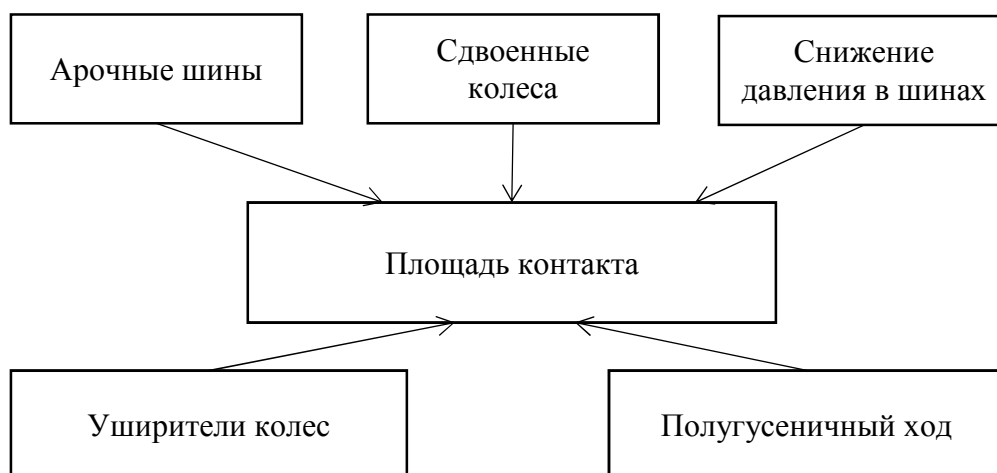


Рис. 1– Способы увеличения площади контакта энергетического средства с опорным основанием

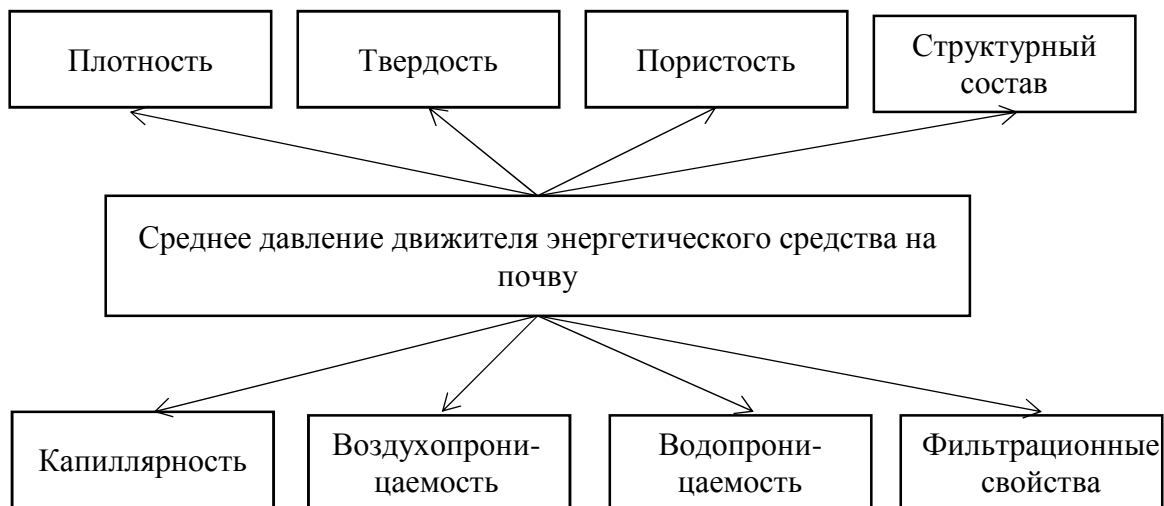


Рис. 2 – Взаимосвязь между средним давлением движителя энергетического средства на почву и её свойствами

Цель проводимых исследований: снижение коэффициента нагрузки приходящейся на движитель энергетического средства

Задача исследований – выявить взаимосвязь между коэффициентом снижения нагрузки приходящейся на движитель и степенью уплотнения почвы.

### Материалы и методы

При взаимодействии ходовых систем энергетических средств с почвой происходит изменение её свойств, особенно плотности, а это в конечном итоге влияет на её плодородие и как результат урожайность с.-х. культур [1, 2, 3].

В последние годы наметилась тенденция, связанная с переуплотнением почвы ходовыми системами энергетических средств по следу движителя. Для определения плотности почвы по следу движителя энергетического средства А.Н. Орда [4] предложил следующую формулу

$$\rho_{\text{п}} = \rho_0(1 + nP_{\text{ср}}e^{-ih}). \quad (1)$$

где  $\rho_0$ ,  $\rho_{\text{п}}$  – соответственно плотность почвы по следу движителя до и после прохода по ней энергетического средства, г/см<sup>3</sup>;  $n$ ,  $i$  – опытные коэффициенты зависящие от типа и состояния почвы;  $h$  – глубина рассматриваемого слоя, см;  $P_{\text{ср}}$  – среднее давление движителей энергетического средства на почву, кг/см<sup>2</sup>.

Представим уравнение (1) следующим образом

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = 1 + nP_{\text{ср}}e^{-ih}. \quad (2)$$

Для оценки степени воздействия ходовой системы на почву используют коэффициент уплотнения

$$K_y = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0}. \quad (3)$$

С учётом данного коэффициента выражение (2) примет вид

$$K_y = 1 + nP_{\text{ср}}e^{-ih}. \quad (4)$$

Среднее давление движителей энергетического средства равно

$$P_{\text{cp}} = \frac{G_c}{F}, \quad (5)$$

где  $G_c$  – сила с которой движитель воздействует на почву заложенная заводом изготовителем, Н;  $F$  – площадь воздействия энергетического средства на опорное основание,  $\text{м}^2$ .

На основании выражения (5) зависимость (4) можно представить следующим образом

$$K_y = 1 + \frac{nG_c e^{-ih}}{F}. \quad (6)$$

Для лучшего анализа полученной зависимости (6) необходимо отметить следующее, что для одного состояния и типа почвы и одинакового энергетического средства будет справедливо следующее условие

$$\frac{ne^{-ih}}{F} = \text{const}. \quad (7)$$

Или

$$D = \frac{ne^{-ih}}{F} = \text{const}. \quad (8)$$

Или

$$K_y = 1 + G_c D. \quad (9)$$

Из выражения (9) можно сделать вывод, что для снижения коэффициента уплотнения почвы по следу, необходимо уменьшать силу воздействующую на движитель энергетического средства.

Зная необходимый коэффициент уплотнения почвы (в зависимости от исходной плотности) можно определить на какую величину необходимо снизить силу, воздействующую на движитель энергетического средства.

Для оценки величины снижения силы, воздействующей на движитель энергетического средства, введём коэффициент снижения нагрузку

$$K_G = \frac{G_n}{G_c}, \quad (10)$$

где  $G_n$  – сила с которой движитель должен воздействовать на почву. Н;

Учитывая выражение (10) формула (9) примет вид

$$K_y = 1 + G_c K_G D. \quad (11)$$

Или

$$K_y = 1 + \frac{n G_c K_G e^{-ih}}{F}. \quad (12)$$

Таким образом коэффициент уплотнения почву во многом зависит от коэффициента снижения нагрузки, уменьшая который снижаем коэффициент уплотнения почвы.

### **Результаты и обсуждение**

Одним из способов снижения нагрузки, приходящейся на движитель энергетического средства, является её перераспределение внутри МТА путём установки специальных устройств [5,6,7]. Результаты проведенных исследований приведены на рисунке 3. Как видно из полученных данных (рисунок 3) использование предлагаемых устройств [5,6,7] позволяют уменьшить коэффициента снижения нагрузки и как следствие коэффициент уплотнение почвы. При перераспределении нагрузки необходимо учитывать, чтобы энергетическое средство обладало необходимыми тягово-сцепными свойства в зависимости от вида выполняемых работ.

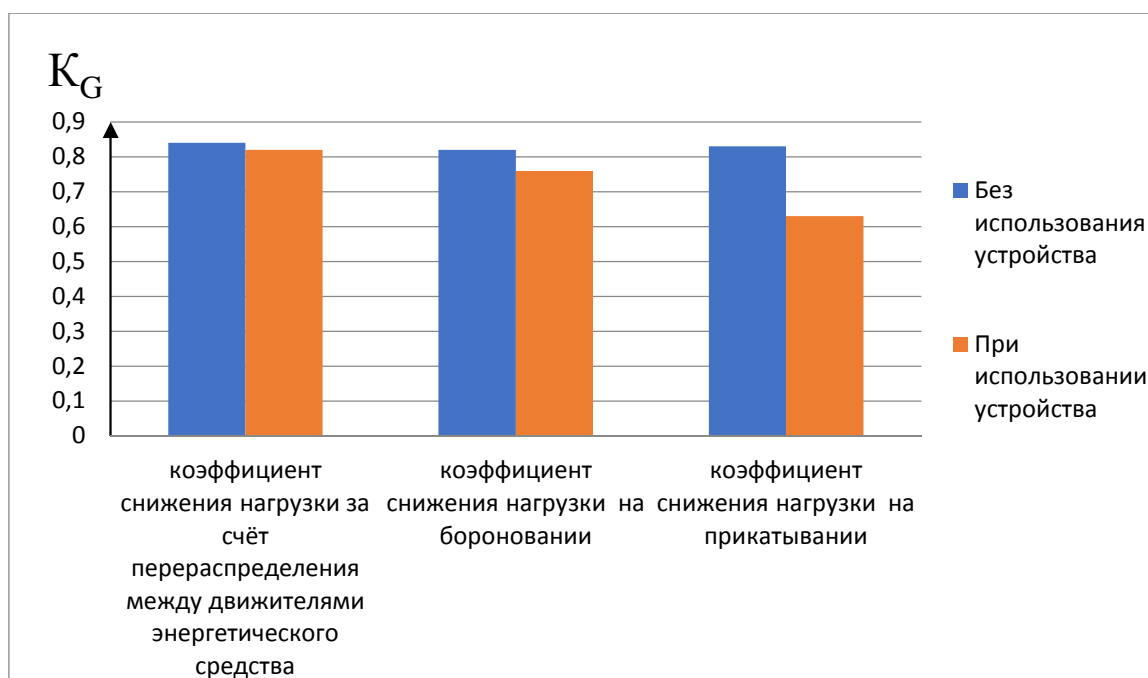


Рис. 3 – Коэффициент снижения нагрузки, приходящейся на двигатель энергетического средства

1– коэффициент снижения нагрузки за счёт перераспределения между двигателями энергетического средства; 2 – коэффициент снижения нагрузки на бороновании; 3 – коэффициент снижения нагрузки на прикатывании.

### Выводы и заключение

Для снижения уплотняющего воздействия двигателей энергетических средств необходимо использовать устройства, позволяющие частичное её перераспределения внутри МТА.

Установлено, что использование предлагаемых устройств п уменьшить коэффициент снижения нагрузки, приходящейся на двигатели энергетического средства: за счёт перераспределения между двигателями энергетического средства на 17...18%; на бороновании 18...24%; на прикатывании 18...37%.

### Список использованной литературы



1. ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 18 с.

2. Захарова Е.Б., Голубев В.В. Влияние уплотнения почвы ходовыми системами тракторов на условия развития и урожайность сои//Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. науч. тр., вып. II/ ДальГАУ. Благовещенск, 1996. С. 16-22.

3. Щитов С.В. Исследования вредного воздействия на почву ходовых систем энергонасыщенных тракторов. / Механизация возделывания сои на Дальнем Востоке. - Благовещенск, 1983. с. 63-66

4. Орда А.Н. Исследование механики колееобразования и уплотнения почвы колёсными движителями и обоснование требований к многоосным ходовым системам: Автореф. Дис.канд.техн.наук; М.: 1978. 16с

5. Пат. 2613390 Российская Федерация, МПК В62D 53/04, А01В 59/04. Пружинно–рычажный корректор сцепного веса колесного трактора / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, Е.С. Поликутина; Дальневосточ. гос. аграр. ун-т. – №2015140368 ; Заявл. 22.09.2015 ; Оpubл.16.03.2017, Бюл. № 8.

6. Пат. № 196181 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Регулятор сцепного веса бороновального агрегата / Щитов С.В., Спириданчук Н.В., Кузнецов К.Е., Слепенков А.Е., Кривуца З.Ф., Марков С.Н., заявитель и патентообладатель *Дальневост. гос. агр. университет.* - № 2019130426; заявл. 25.09.2019; опубл. 19.02.2020, Бюл. № 5.

7. Догружающее устройство прикатывающего агрегата, патент на изобретение № 2680167 Рос. Федерация, МКИ В 60 В 11/02, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, заявитель и патентообладатель. федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования Дальневосточный государственный аграрный университет, заявка № 2017136497 от 16.10.2017. Опубликовано 19.02.2019 Бюл. № 5.

### References

1. GOST 26955-86. Tehnika sel'skhozjajstvennaja mobil'naja. Normy vozdejstvija dvizhitelej na pochvu. – М.: Izd-vo standartov, 1986. – 18 s.

2. Zaharova E.B., Golubev V.V. Vlijanie uplotnenija pochvy hodovymi sistemami traktorov na uslovija razvitija i urozhajnost' soi//Puti vosproizvodstva plodorodija pochv i povyshenija urozhajnosti sel'skhozjajstvennyh kul'tur v Priamur'e: sb. nauch. tr., vyp. II/ Dal'GAU. Blagoveshhensk, 1996. S. 16-22.

3. Shhitov S.V. Issledovanija vrednogo vozdejstvija na pochvu hodovyh sistem jenergonasyshhennyh traktorov. / Mehanizacija vozdeljvanija soi na Dal'nem Vostoke. - Blagoveshhensk, 1983. s. 63-66

4. Orda A.N. Issledovanie mehaniki koleeobrazovanija i uplotnenija pochvy koljosnymi dvizhiteljami i obosnovanie trebovanij k mnogoosnym hodovym sistemam: Avtoref. Dis.kand.tehn.nauk; М.: 1978. 16s

5. Pat. 2613390 Rossijskaja Federacija, MPK V62D 53/04, A01V 59/04. Pruzhinno–rychazhnyj korrektor scepного vesa kolesного traktora / S.V. Shhitov, E.E. Kuznecov, E.S. Polikutina; Dal'nevostoch. gos. agrar. un-t. – №2015140368 ; Zajavl. 22.09.2015 ; Opubl.16.03.2017, Bjul. № 8.

6. Pat. № 196181 Rossijskaja Federacija, MКИ V 60 V 15/00. Reguljator scepного vesa boronoval'nogo agregata / Shhitov S.V., Spiridanchuk N.V., Kuznecov K.E., Slepenkov A.E., Krivuca Z.F., Markov S.N., zajavitel' i patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agr. universitet. - № 2019130426; zajavl. 25.09.2019; opubl. 19.02.2020, Bjul. № 5.

7. Dogruzhajushhee ustrojstvo prikatyvajushhego agregata, patent na izobretenie № 2680167 Ros. Federacija, MКИ V 60 V 11/02, E.E. Kuznecov, S.V. Shhitov, zajavitel' i

patentobladatel'. federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenija vysshego obrazovanija Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, zjavka № 2017136497 ot 16.10.2017. Opublikovano 19.02.2019 Bjul. № 5.