

УДК 631.171

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)

СНИЖЕНИЕ ПЕРЕУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ПО СЛЕДУ ДВИЖИТЕЛЯ

REDUCTION OF SOIL OVERPRESSURE 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

Одним из основных параметров, влияющих на показатели роста и развитие сельскохозяйственных культур является плотность почвы, которая во многом зависит от воздействия на неё ходовых систем мобильных энергетических средств. В процессе производства сельскохозяйственных культур, почва является объектом воздействия со стороны энергетических средств, появление которых на поле предусмотрено технологией

One of the key parameters influencing indicators of growth and development of crops is density of the soil which in many respects depends on impact on it of the running systems of mobile power means. In the course of production of crops, the soil is object of influence from power means which emergence is in the field provided by technology of cultivation. At the same time the soil on certain sites of the field is exposed to repeated consolidation by the running systems from 5

возделывания. При этом почва на отдельных участках поля подвергается многократному уплотнению ходовыми системами от 5 до 10 раз, в зависимости от количества выполняемых операций и состава машинно-тракторного агрегата (МТА). В результате такого воздействия происходит изменение физико-механических свойств почвы и что самое главное это влечёт за собой снижения уровня её плодородия. На величину плотности почвы оказывают влияние нормальное давление движителей мобильных энергетических средств, а также её состояние в период проведения работ, связанных с выращиванием и уборкой сельскохозяйственных культур. Нормальное давление, оказываемое движителями ходовых систем на почву, напрямую зависит от двух показателей – нагрузки приходящейся на движитель и площади его контакта с опорным основанием. В статье нашли отражения результаты теоретических и экспериментальных исследований по снижению переуплотнения почвы по следу движителей колёсных энергетических средств при выполнении ими сельскохозяйственных работ за счёт использования предлагаемых технических решений. Использование устройства для перераспределения нагрузки внутри самого энергетического средства позволяет перераспределять нагрузку между мостами в пределах 4,1...4,3кН. При использовании устройств для перераспределения нагрузки между энергетическим средством и с.-х орудием: на бороновании позволяет снизить нагрузку на движители энергетического средства до 4,2 кН ... 6,4 кН, на прикатывании до 6,3 кН... 8,4 кН и передать её на рабочие органы бороны (диски) и прикатывающего агрегата (каток). Использование предлагаемых устройств позволяет снизить энергозатраты от перераспределения нагрузки внутри МТА на 14,3...14,8 % по сравнению с серийными МТА, без учета потерь урожайности

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

to 10 times, depending on the number of the carried-out operations and structure of the machine and tractor unit (MTU). As a result of such an impact, the physical and mechanical properties of the soil change and that most importantly, this entails a decrease in the level of its fertility. The soil density is influenced by the normal pressure of the movers of mobile energy means, as well as its condition during the period of work related to the cultivation and harvesting of crops. The normal pressure exerted by propulsors of propulsion systems on the soil directly depends on two indicators - the load on the propulsor and the area of its contact with the support base. The article reflected the results of theoretical and experimental studies to reduce overpressure of the soil along the trail of wheeled energy propulsors when they carry out agricultural work due to the use of the proposed technical solutions. The use of a device for redistributing the load inside the power tool itself allows redistributing the load between bridges within 4.1... 4.3 kN. When using devices for load redistribution between an energy means and a black gun: on harrowing it allows to reduce the load on the propulsors of the energy means to 4.2 kN... 6.4 kN, on rolling up to 6.3 kN... 8.4 kN and transfer it to the working elements of the harrow (disks) and the rolling unit (roller). The use of the proposed devices makes it possible to reduce power consumption from load redistribution inside MTA by 14.3... 14.8% compared to serial MTA, without taking into account yield losses

Keywords: ENERGY MEANS, TRACTOR, SOIL, DEVICE, TRACTION-COUPLING QUALITIES, COMPACTION, PROPULSOR

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-196-012>

Введение. В последние годы наметилась тенденция к снижению кратности воздействия ходовых систем на опорное основание (почву) за счёт применения многооперационных сельскохозяйственных машин, с целью снижения в конечном итоге энергозатраты на единицу выполненной работы. В тоже время применение таких машинно-тракторных агрегатов

<http://ej.kubagro.ru/2024/02/pdf/12.pdf>

(МТА) как правило возможно лишь при условии повышения их тягово-сцепных свойства, за счёт увеличения нагрузки, приходящейся на движитель энергетического средства, иными словами за счёт увеличения общей массы энергетического средства. В конечном итоге это увеличило среднее и максимальное нормальное давления движителей на почву, особенно колёсных энергетических средств. В связи с этим как следствие привело к резкому снижению урожайности по следу движителей от переуплотнения почвы (за счёт снижения её плодородности) и увеличению сопротивления дальнейшей обработки и глубистости. На основании обобщения проведённых исследований различными авторами В.А. Русанов [1] предложил рассматривать данную проблему в следующем ключе: почва-объект воздействия, энергетическое средство (ходовая система) – воздействующий объект, обобщающим критерием такого взаимодействия «двигатель-почва-сельскохозяйственная культура» – урожайность. При оценке выше обозначенной проблемы автор предложил рассматривать её в виде трёх подсистем [1]:

- ходовая система энергетического средства - почва (опорное основание);
- почва (опорное основание) - сельскохозяйственная культура;
- ходовая система энергетического средства - сельскохозяйственная культура.

Более наглядно оценка рассматриваемой проблемы представлена на рисунке 1.

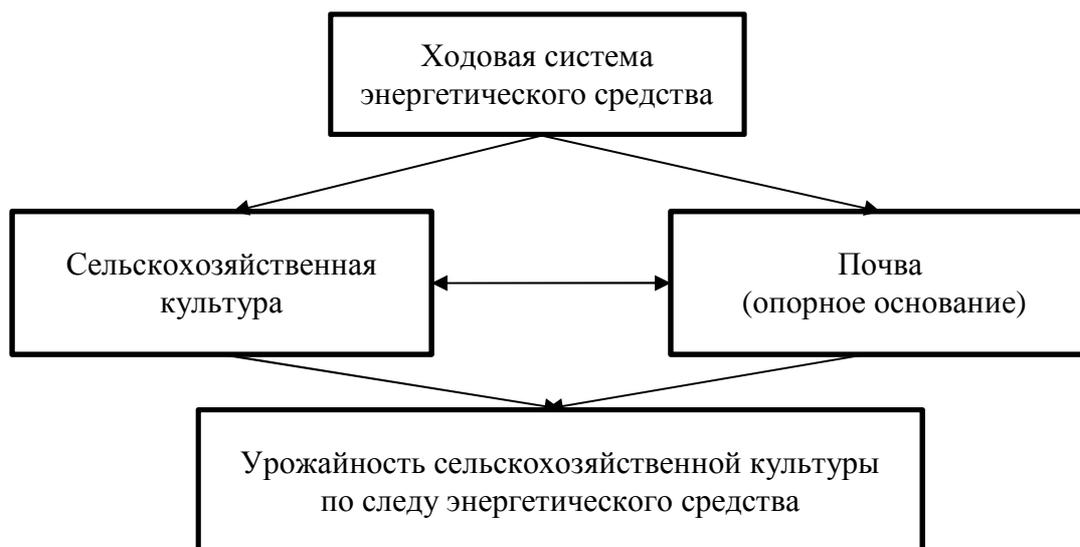


Рис. 1 – Процесс взаимодействия «ходовая система-почва-сельскохозяйственная культура» -урожайность

В условиях Амурской области вопрос взаимодействия ходовой системы энергетического средства с почвой особенно актуален с связи с особенностями региона:

- недостаточная несущая способность почвы (переувлажнение в период проведения основных сельскохозяйственных операций);
- наличие твёрдого подпахотного основания (мерзлота, тяжелый суглинок);
- поздние сроки уборки фирменной культуры сои (выпадение осадков в виде снега с дождём);
- невозможность подготовить почву под посев осенью (поздние сроки уборки сои);
- сжатые сроки подготовки почвы под посев весной (агротехнические сроки);
- большое количество крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ) (валовый объём продукции до 25% от всего объёма);

– недостаточное оснащение КФХ современными многофункциональными МТА (ограниченные финансовые возможности).

Отличительные особенности региона накладывают свои требования к формированию МТА особенно в КФХ, где основными энергетическими средствами являются тракторы моноблочной схемы класса 1,4...3. Основной особенностью данных тракторов является их универсальность, сравнительно не большая цена и возможность эксплуатации в течение года. На ряду с этим данные энергетические средства имеют сравнительно высокое нормальное давление на почву из-за увеличения их массы с целью повышения тягово-сцепных свойств, что существенно влияет на плодородие почвы и как следствие потеря урожая по следу движителя [2;3]. В ранее проведенных исследованиях было установлено, что в условиях региона повышение тягово-сцепных свойств возможно достичь, за счёт повышения площади взаимодействия движителя с почвой, а также путём оптимизации сцепного веса внутри МТА [4].

Материалы и методы.

Цель проводимых исследований: обеспечение оптимального значения почвы по следу энергетического средства.

Задача исследований – установить взаимосвязь между нагрузкой, приходящейся на движитель энергетического средства и плотностью почвы.

Снижение техногенного воздействия на почву от ходовых систем энергетических средств является главным источником повышения плодородия почвы, что наглядно видно на рисунке 2.

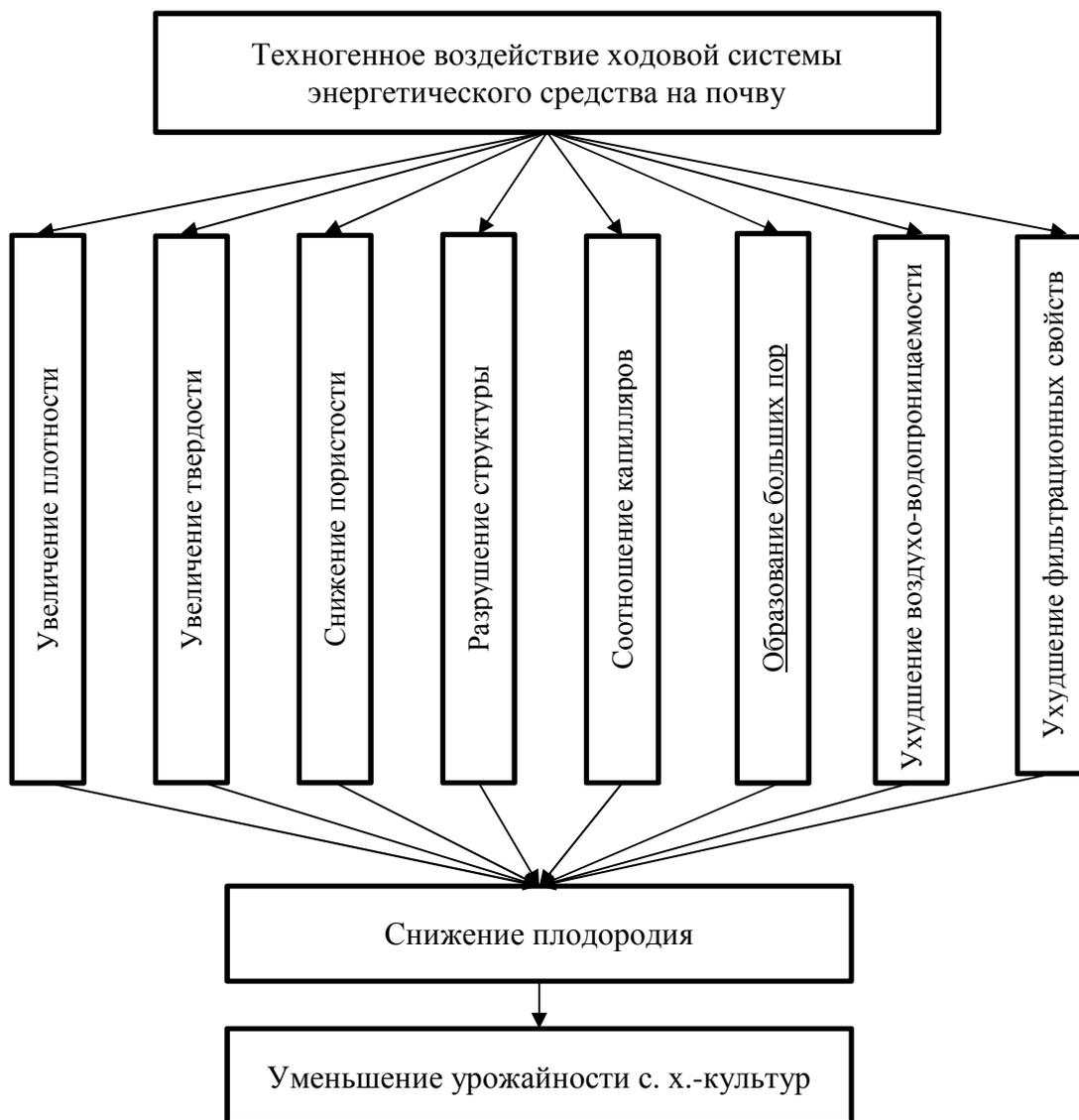


Рис. 2 – Техногенное воздействие ходовой системы энергетических средств на почву

Остановимся более подробно на снижении уплотняющего воздействия ходовых систем энергетических средств на почву. Определению плотности почвы по следу движителя после прохода энергетического средства посвящено множество работ для различных регионов РФ.

Показатель уплотняющего воздействие на почву можно определить по следующему выражению [1]

$$K_y = \omega b P_{cp} (1 + \chi l q n), \quad (1)$$

где ω – коэффициент, зависящий от формы пятна контакта, $\omega=(0,92+0,05L/b)^{2/3}$; b, L – ширина и длина пятна контакта соответственно, м; χ – коэффициент, зависящий от вида и состояния почвы, который в ориентировочных расчётах можно принимать равным единице, [1]; n – количество проходов энергетического средства по полю.

Анализ формулы (1) показал, для одного и того же энергетического средства будет справедливо выражение

$$B = \omega b = (0,92 + 0,05L/b)^{2/3} b = \text{const.} \quad (2)$$

С учётом выражения (2) зависимость (1) примет вид

$$K_y = B P_{cp} (1 + \chi l q n), \quad (3)$$

или приняв величину $\chi = 1$ получим

$$K_y = B P_{cp} (1 + l q n). \quad (4)$$

Как видно из уравнения (4), показатель уплотняющего воздействия на почву для одного и того же энергетического средства на прямую зависит от нормального давления движителя энергетического средства на почву.

Выразим из уравнения (4) величину нормального давления движителя энергетического средства на почву.

$$P_{cp} = \frac{B (1 + l q n)}{K_y}. \quad (5)$$

В свою очередь нормальное давление движителя энергетического средства определяется по выражению

$$P_{cp} = \frac{G}{F}, \quad (6)$$

где G – нагрузка приходящаяся на движитель энергетического средства, Н; F – площадь контакта движителя энергетического средства с почвой, м².

Тогда уравнение (5) примет вид

$$G = \frac{BF (1 + lqn)}{K_y}. \quad (7)$$

Анализируя полученную зависимость (7) можно сделать вывод, что добиться оптимальной плотности почвы необходимую для благоприятного роста сельскохозяйственной культуры в зависимости от первоначальной плотности, можно путём изменения нагрузки приходящейся на движитель энергетического средства. Изменить нагрузку, приходящуюся на движитель энергетического средства возможно путём установки или снятия дополнительного балласта. В условиях Амурской области этот способ регулирования нагрузки на движитель энергетического средства не приемлем из-за переувлажнения почвы в период проведения с.-х. операций, связанных с возделыванием и уборкой возделываемых культур.

Одним из способов снижения величины нагрузки, приходящейся на движитель энергетического средства в этих условиях, является её перераспределение внутри МТА в зависимости от типа и состояния почвы в период проведения с.-х. работ.

С этой целью были разработаны ряд устройств, позволяющих перераспределять нагрузку между движителями энергетического средства [5] (рисунок 3), а также между энергетическим средством и бороной БДТ-3[6] (рисунок 4) и прикатывающим катком [7].



Рис. 3 – Фрагмент определения перераспределения нагрузки между двигателями энергетического средства



Рис. 4 – Общий вид МТА с устройством для перераспределения нагрузки между двигателями энергетического средства и бороной БДТ-3

На предлагаемые устройства были получены патенты РФ [5; 6; 7]. Предлагаемые устройства способствуют перераспределению нагрузки внутри МТА в зависимости от состояния почвы, что позволяет корректировать величину нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства.

На основании проведенных экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

- использование устройства [5] для перераспределения нагрузки внутри энергетического средства позволяет перераспределять нагрузку между движителями в пределах 4,1...4,3кН;

- использование устройства для перераспределения нагрузки внутри МТА на бороновании [6] позволяет снизить нагрузку на движители энергетического средства от 4,2 кН до 6,4 кН и передать её на рабочие органы бороны (диски);

- использование устройства для перераспределения нагрузки внутри МТА на прикатывании [7] позволяет за счёт снижения нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства увеличить нагрузку приходящуюся на рабочий орган прикатывающего агрегата (каток) от 6,3 кН до 8,4 кН.

Топливо-энергетический анализ показал, что использование предлагаемых устройств позволяет снизить энергозатраты от перераспределения нагрузки внутри МТА на 14,3...14,8 % по сравнению с серийными МТА, без учета потерь урожайности.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что регулировать показатель уплотняющего воздействия на почву по следу движителя возможно за счёт перераспределения нагрузки внутри машинно-тракторного агрегата, путём установки дополнительных устройств.

Доказано, что использование предлагаемых технических решений позволяет регулировать нагрузку, приходящуюся на движитель энергетического средства в зависимости от типа и состояния почвы. Между движителями энергетического средства до 18,3%. Между энергетическим средством и с.-х орудием: на дисковании до 27, 8%; на прикатывании до 36,5%, что в конечном итоге как показала топливно-энергетическая оценка позволяет снизить энергозатраты по сравнению с серийным МТА.

Список использованной литературы

1. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В. А. Русанов. М.: ВИМ, 1968. 368 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.С. Исследования вредного воздействия на почву ходовых систем энергонасыщенных тракторов. / Механизация возделывания сои на Дальнем Востоке. - Благовещенск, 1983. С. 63-66
4. Щитов С.В. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колёсных мобильных энергетических средств /С.В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, Е.С. Поликутина, О.А. Кузнецова // Благовещенск : Издательство ДальГАУ, 2020. 143с.
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; Опубл.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. Rusanov, V.A. Problema pereuplotnenija pochv dvizhiteljami i jeffektivnye puti ee reshenija / V. A. Rusanov. M.: VIM, 1968. 368 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

povysheniya urozhajnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Priamur'e: sb. nauch. tr., vyp. II/ Dal'GAU. Blagoveshhensk, 1996. S. 16-22.

3. Shhitov S.S. Issledovaniya vrednogo vozdejstviya na pochvu hodovyh sistem jenergonasyshennyh traktorov. / Mehanizacija vzdelyvaniya soi na Dal'nem Vostoke. - Blagoveshhensk, 1983. S. 63-66

4. Shhitov S.V. Povyshenie prodol'no-poperechnoj ustojchivosti i snizhenie tehnogenogo vozdejstviya na pochvu koljosnyh mobil'nyh jenergeticheskikh sredstv /S.V. Shhitov, E. E. Kuznecov, E.S. Polikutina, O.A. Kuznecova // Blagoveshhensk : Izdatel'stvo Dal'GAU, 2020. 143s.

5. Pat. 2613390 Rossijskaja Federacija, MPK V62D 53/04, A01V 59/04. Pruzhinno–rychaznyj korrektor scepного vesa kolesnogo 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, MKI V 60 V 15/00. Reguljator scepного vesa boronoval'nogo agregata / Shhitov S.V., Spiridanchuk N.V., Kuznecov K.E., Slepёkov 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, MKI V 60 V 11/02, E.E. Kuznecov, S. V. Shhitov, zajavitel' i patentoobladatel'. federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenija vysshego obrazovanija Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, zajavka № 2017136497 ot 16.10.2017 Opublikovano 19.02.2019 Bjul. № 5.