

**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК
TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT
FOR AGROINDUSTRIAL SECTOR**

Научная статья

УДК 631.372:629.114.2

doi: 10.34655/bgsha.2025.78.1.017

**Результаты производственных испытаний по использованию
корректора-распределителя сцепного веса бороновального агрегата**

С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина, В.В. Леонов

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Васильевич Щитов, shitov.sv1955@mail.ru

Аннотация. Одним из способов повышения эффективности использования машинно-тракторных агрегатов является адаптирование их к региональным особенностям, где они эксплуатируются. В Амурской области к ним относятся: резкий перепад температурного режима от -45 градусов зимой до + 40 градусов летом, промерзание почвы в зимний период от 2,8 до 3,1м, невозможность подготовки почвы к проведению посевных работ в осенний период вследствие позднего окончания уборочных работ, уборка фирменной культуры сои заканчивается в период наступления первых заморозков, наличия снежного покрова и т.д. Вышеперечисленные особенности накладывают уникальные требования при применении безотвальной подготовки почвы под посев с использованием тяжёлых дисковых борон типа БДТ-7. Цель исследований – проверка в производственных условиях работоспособность корректора-распределителя сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата. В результате проведенных исследований установлено, что на величину нагрузки в гибкой тросовой части оказывают влияние длина выхода штока гидроцилиндра и угол наклона навески. С увеличением длины штока гидроцилиндра (от нейтрального положения) нагрузка на рабочие органы дисковой бороны БДТ-7 возрастает от 98 Н при длине штока гидроцилиндра 0,24 м до 1873 Н при длине штока 0,43 м. При увеличении угла подъёма навески трактора возрастает нагрузка на рабочие органы дисковой бороны со 98 Н при угле наклона навески – 10 градусов до 1873 Н при угле наклона 31 градус. При уменьшении длины выхода штока от 0,24 м до 0,16 м произошло увеличение нагрузки на энергетическое средство с 98 Н до 1736 Н. При увеличении угла наклона навески трактора от 10 до 40 градусов нагрузка на движители энергетического средства возрастает от 95 Н до 1626 Н, что подтверждает эффективность эксплуатации предлагаемого устройства.

Ключевые слова: трактор, дисковая борона, устройство, корректор-распределитель, тросовая связь, безотвальная подготовка почвы.

Original article

Results of performance tests of the use of the corrector-distributor of adhesion weight of harrow unit

Sergey V. Shchitov, Zoya F. Krivutsa, Elena S. Polikutina, Vladimir V. Leonov

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Corresponding author: Sergey V. Shchitov, shitov.sv1955@mail.ru

Abstract. One of the ways to increase the efficiency of using machine-tractor units is to adapt them to the regional features where they are operated. In the Amur Region, these include the following features: an extreme variations in temperature regime from -45°C degrees in the winter to $+40^{\circ}\text{C}$ degrees in the summer, freezing of the soil in the winter from 2.8 m to 3.1 m, the inability to prepare the soil for sowing in the autumn due to the late yield harvesting, harvesting of the signature soybean crop ends during the first frost, snow cover, etc. The above mentioned features impose unique requirements when using boardless soil preparation for sowing using heavy disc harrows of the BDT-7 type. The purpose of the research was to check the operability of the corrector-distributor of the adhesion weight of the harrow machine-tractor unit under the working conditions. As a result of the studies, it was found that the stress in the flexible rope part is influenced by the length of the hydraulic cylinder rod outlet and the hinge inclination angle. As the length of the hydraulic cylinder rod increases (from the neutral position), the stress on the working elements of the disc harrow BDT-7 increases from 98 N with the length of the hydraulic cylinder rod equaled to 0.24 m to 1873 N with a rod length of 0.43 m. With an increase in the lifting angle of the tractor, the stress on the working elements of the disc harrow increases from 98 N at an angle of inclination of the hinge - 10 degrees to 1873 N at an angle of inclination of 31 degrees. When the length of the rod outlet decreases from 0.24 m to 0.16 m, the stress on the energy means increases from 98 N to 1736 N. When the angle of inclination of the tractor suspension increases from 10 degrees to 40 degrees, the stress on the propulsion devices of the energy means increases from 95 N to 1626 N, which confirms the efficiency of the proposed device.

Keywords: tractor, disc harrow, device, corrector-distributor, rope connection, boardless soil preparation.

Введение. Подготовка почвы для проведения посевных работ является одной из важных операций, связанных с выращиванием сельскохозяйственных культур. При этом очень важно, чтобы эта работа была проведена качественно и в срок. В Амурской области подготовку почвы под посев проводят одновременно с посевными работами, так как провести эту операцию осенью не представляется возможным в связи с поздним окончанием уборочных работ. Уборочные работы в области заканчиваются, когда наступают практически отрицательные температуры. Это объясняется тем, что в области большие посевные площади заняты под соей, и уборка её начинается поздней осенью и заканчивается практически с выпадением осадков в виде дождя со снегом. В связи с вышесказанным для

выдерживания агротехнологических сроков подготовки и проведения сельскохозяйственных работ подготовка почвы осуществляется безотвальным способом, в основном, с применением тяжёлых дисковых борон. Это позволяет сократить сроки подготовки почвы под посев по сравнению с отвальным способом подготовки. Необходимо отметить, что подготовка почвы под посев весной начинается, когда верхний слой почвы оттаивает на глубину, позволяющую проводить данные работы. В зимний период времени почва из-за низких температур промерзает на глубину до трёх метров, и с наступлением положительных температур происходит таяние снежного покрова. Также необходимо учитывать, что в это время, как правило, выпадают осадки в виде дождя со снегом, что резко снижает несущую

щую способность почвы, и энергетические средства, обладающие высоким нормальным давлением на почву, не всегда могут обеспечивать качественное выполнение работ [1, 2]. Наряду с этим при подготовке почвы под посев имеются такие специфические особенности, как неравномерное по всему полю оттаивание почвы по глубине. В связи с этим возникает необходимость при использовании тяжёлых дисковых борон регулировать нагрузку как на рабочий орган самой бороны, так и на движители энергетического средства для повышения тягово-сцепных свойств, особенно колёсных. Выше перечисленные специфические особенности снижают качество проводимых работ, связанных с подготовкой почвы и требуют технического решения [3, 4].

В связи с этим было разработано ряд устройств, позволяющих регулировать нагрузку «регулятор сцепного веса бороновального агрегата» [5] и «догружающе-корректирующее устройство для дискового лушпильника» [6]. Использование предложенных технических решений позволило регулировать нагрузку как на рабочий орган бороновального агрегата для повышения качества работ, связанных с подготовкой почвы, так и на движители колёсного энергетического средства для повышения тягово-сцепных свойств [7]. Перераспределение нагрузки осуществлялось с использованием гибкой тросо-

вой связи. Кроме этого были предложены и другие технические решения: «догружочно-распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны» [8] и «распределяюще-догружающее устройство для прицепной рамной бороны» [9], также позволяющие перераспределять нагрузку в бороновальном машинно-тракторном агрегате. Как показали проведенные экспериментальные исследования, в реальных условиях эксплуатации использование предлагаемых устройств позволяет повысить качество работ, связанных с подготовкой почвы под посев. Предлагаемые устройства устанавливаются на трактор тягового класса 1, 4 и 2.

Для тракторов класса 5 было разработано устройство «Корректор-распределитель сцепного веса бороновального агрегата» [10], представленное на рисунке 1.

Цель исследований – проведение исследований в реальных условиях эксплуатации модернизированного машинно-тракторного агрегата.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования были проведены на базе КФХ «Ковалёв С.В.» в 2024 году, земли которого являются типичными для Амурской области – лугово-черноземновидные с уклоном рельефа до 2°. Исследования проводились с учетом требований ГОСТов [11, 12].



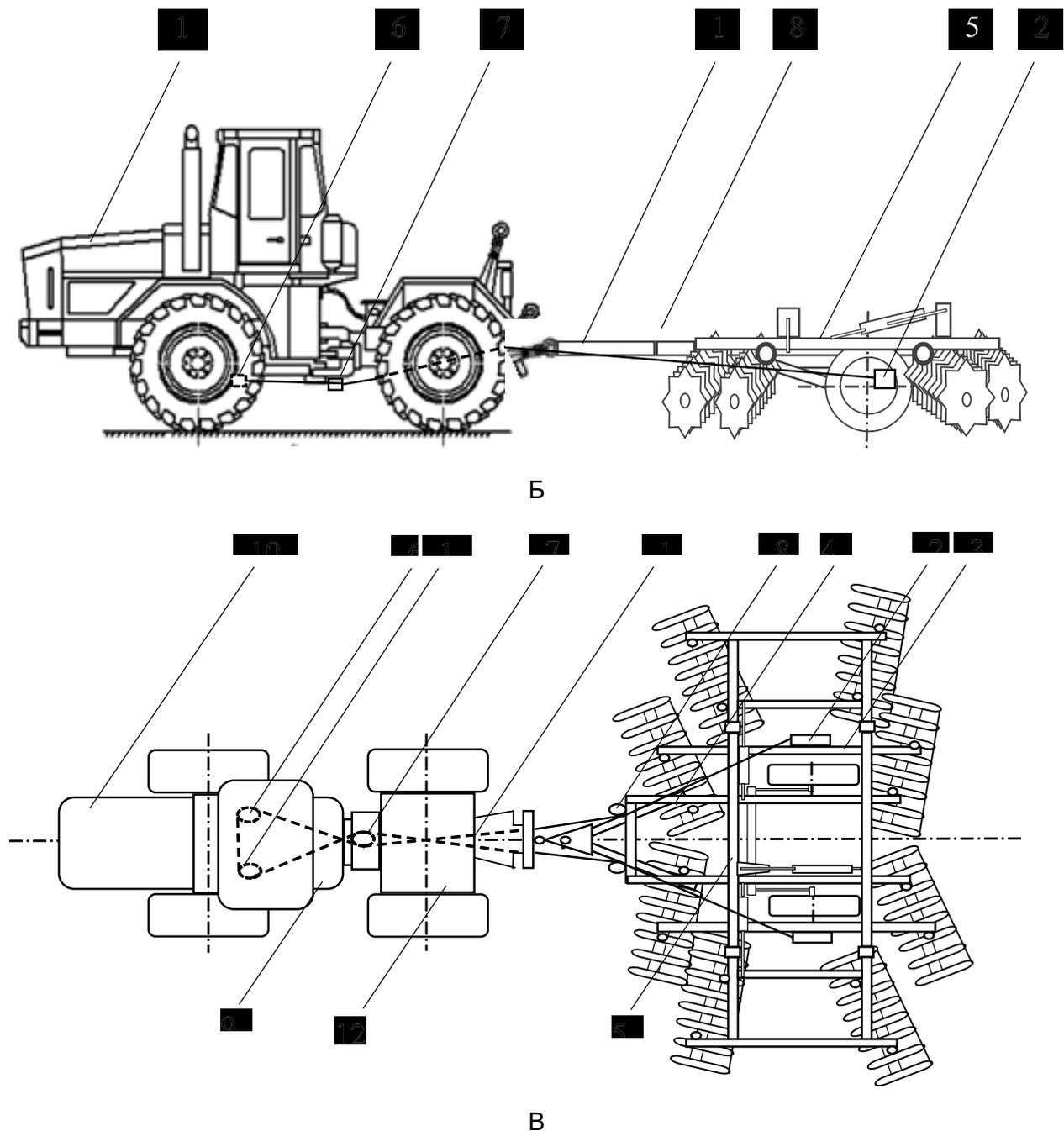


Рисунок 1. Модернизированный бороновальный агрегат (К-701+ БДТ-7 + устройство).

Примечание. А – общий вид МТА; Б, В – конструктивно-технологические схемы агрегата: 1 – гибкая тросовая связь; 2 – установочный кронштейн; 3 – боковая балка; 4 – рама; 5 – борона; 6, 7, 8, 11 – блок ролики; 9 – передняя полурама трактора; 10 – опорный кронштейн; 12 – задняя полурама трактора

Результаты и их обсуждение.

В результате проведенного теоретического исследования было установлено, что при установке на трактор с шарнирно-сочленённой рамой корректора-распределителя сцепного веса можно регулировать нагрузку внутри машинно-тракторного агрегата. С этой целью были проведе-

ны исследования работы машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора К-701 + борона БДТ-7 + устройство «Корректор-распределитель сцепного веса».

В предлагаемом устройстве перераспределение нагрузки осуществляется за счёт гибкой тросовой связи, соединяю-

щей между собой трактор и дисковую борону. Изменение нагрузки в тросовой части регулировалось длиной выхода штока гидроцилиндра и углом наклона навески трактора.

При этом необходимо отметить, что предлагаемое устройство работает как на передачу части нагрузки с трактора на борону (при увеличении длины штока от нейтрального положения), так и на передачу части нагрузки при необходимости с бороны на трактор (при уменьшении длины штока от нейтрального положения). Зависимость нагрузки в гибкой тросовой связи устройства при увеличении длины

штока гидроцилиндра и угла наклона навески представлены на рисунках 2 и 3.

Анализируя полученную зависимость (рисунок 2) изменения нагрузки в тросовой связи устройства, необходимо отметить, что при увеличении длины штока гидроцилиндра (от нейтрального положения) нагрузка на рабочие органы дисковой бороны БДТ-7 возрастает от 98 Н при длине штока гидроцилиндра 0,24 м до 1873 Н при длине штока 0,43 м. Таким образом, регулирование величины нагрузки на рабочие органы бороны имеет важное значение.

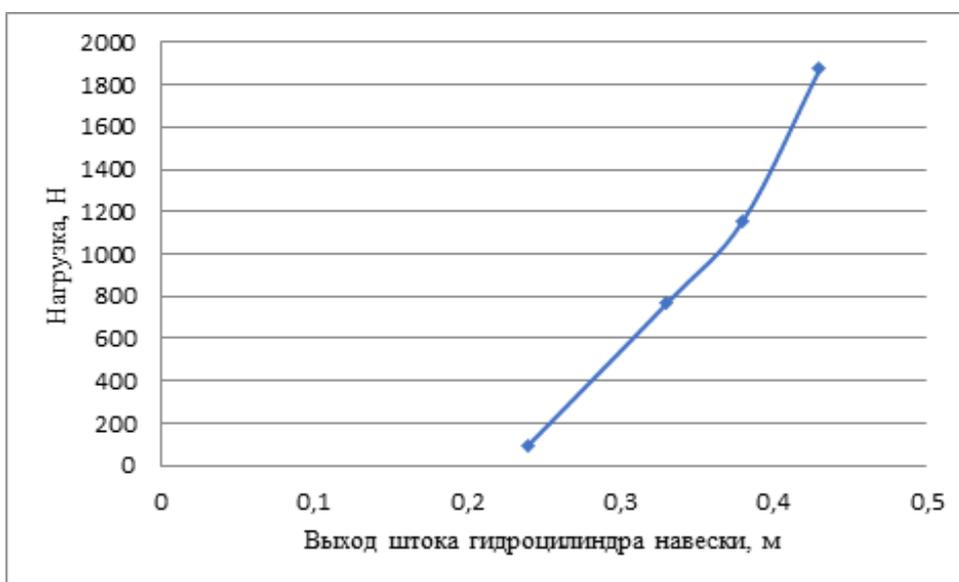


Рисунок 2. Зависимость величины нагрузки в гибкой тросовой связи устройства от увеличения видимой длины штока гидроцилиндра (передача сцепного веса с трактора на борону)

Особенно в условиях Амурской области в связи с тем, что происходит неравномерное оттаивание верхнего плодородного слоя и для обеспечения необходимой глубины обработки, требуется увеличение нагрузки на рабочие органы в местах наличия мерзлотного основания.

С целью определения влияния угла наклона навески трактора на распределение нагрузки были проведены исследования, представленные на рисунке 3.

Как показали проведённые исследования (рисунок 3), при увеличении угла подъёма навески трактора возрастает нагрузка на рабочие органы дисковой бороны с 98 Н при угле наклона навески 10 градусов до

1873 Н при угле наклона 31 градус. Таким образом, необходимо отметить, что увеличение угла наклона навески также способствует регулированию нагрузки на рабочие органы дисковой бороны.

Аналогичные исследования были проведены по определению зависимости нагрузки в гибкой связи устройства при уменьшении длины штока гидроцилиндра и угла наклона навески (рисунки 4 и 5).

В результате проведенных исследований (рисунок 4) установлено, что при уменьшении длины выхода штока от 0,24 до 0,16 м произошло увеличение нагрузки на энергетическое средство с 98 Н до 1736 Н. При проведении ранневесенних



Рисунок 3. Зависимость величины нагрузки в гибкой тросовой связи устройства при увеличении угла подъема навески (передача сцепного веса с трактора на борону)

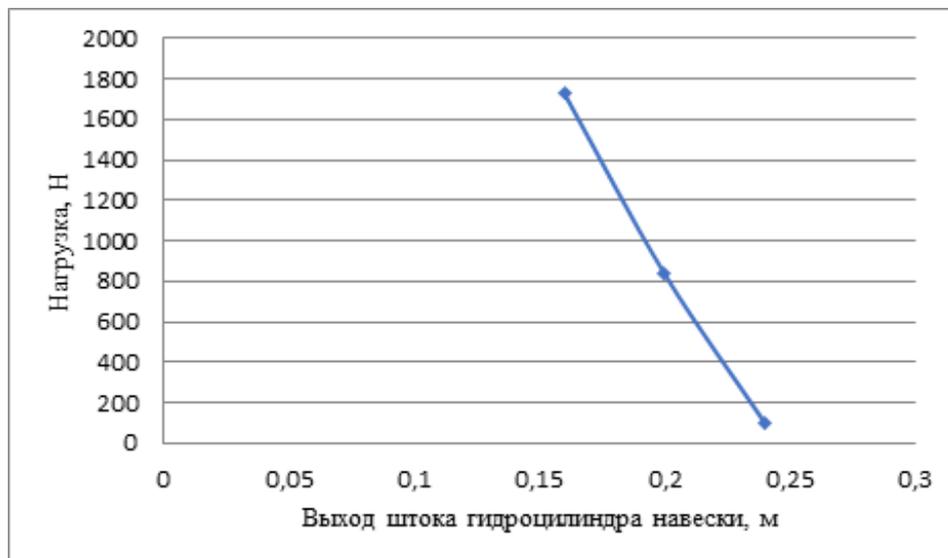


Рисунок 4. Зависимость величины нагрузки в гибкой тросовой связи устройства при уменьшении длины выхода штока гидроцилиндра навески (передача сцепного веса с бороны на трактор)

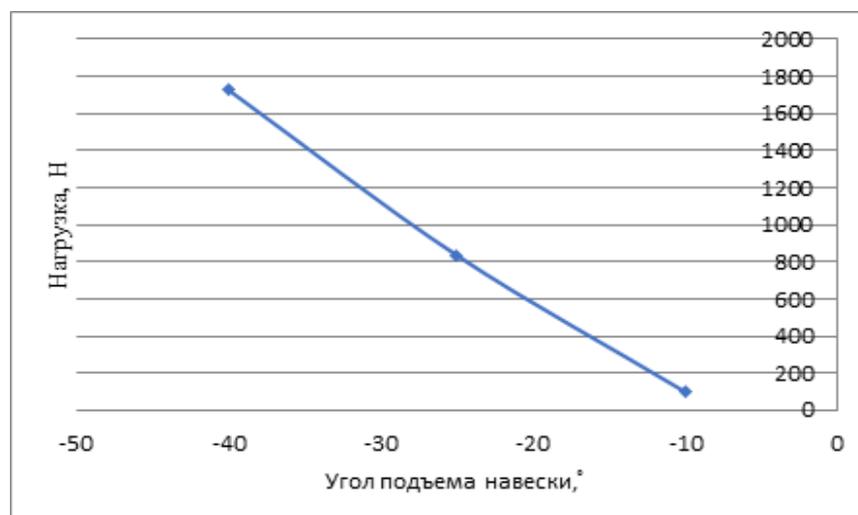


Рисунок 5. Зависимость нагрузки в гибкой тросовой связи устройства от угла наклона навески (подъем) (передача сцепного веса с бороны на трактор)

сельскохозяйственных работ, связанных с подготовкой почвы к посевным работам, наблюдается наличие небольших участков, на которых для повышения тягово-сцепных свойств необходима кратковременная дополнительная нагрузка на движители.

Аналогичные исследования были проведены по определению влияния уменьшения угла наклона навески на величину нагрузки в гибкой тросовой связи корректора-распределителя сцепного веса (рисунк 5). На основании проведенных исследований были получены следующие результаты: так, при угле наклона навески трактора 10 градусов нагрузка на движители энергетического средства составляла 95 Н, при изменении угла наклона до 40 градусов она составила 1626 Н.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что на величину нагрузки в гибкой тросовой части оказывают влияние длина выхода штока гидроцилиндра и угол наклона навески:

– с увеличением длины штока гидро-

цилиндра (от нейтрального положения) нагрузка на рабочие органы дисковой бороны БДТ-7 возрастает от 98 Н при длине штока гидроцилиндра 0,24 м до 1873 Н при длине штока 0,43 м;

– при увеличении угла подъема навески трактора возрастает нагрузка на рабочие органы дисковой бороны с 98 Н при угле наклона навески 10 градусов до 1873 Н при угле наклона 31 градус;

– уменьшение длины выхода штока от 0,24 м до 0,16 м приводит к увеличению нагрузки на энергетическое средство с 98 Н до 1736 Н;

– при угле наклона навески трактора 10 градусов нагрузка на движители энергетического средства составляла 95 Н, то при изменении угла наклона до 40 градусов она составила 1626 Н.

Таким образом, установка предлагаемого устройств позволит регулировать нагрузку как на рабочие органы тяжелой дисковой бороны, так и на само энергетическое средство.

Список источников

1. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сельскохозяйственных агрегатов / С.С. Ус, Е.В. Маршанин, К.Е. Кузнецов, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 147-154. EDN: ZBRLHT. doi: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154
2. Хафизов К.А., Халиуллин Ф.Х. Пути повышения эффективности использования машинно-тракторных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2015. № 10. С. 20-22. EDN: UQFKLR.
3. Результаты исследований по использованию колесного трактора и модернизированной дисковой бороны / А.Е. Слепенков, В.В. Леонов, О.П. Митрохина, Н.П. Кидяева, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов // Технический сервис машин. 2022. № 1 (146). С. 39-45. EDN: RRUNZK. doi: 10.22314/2618-8287-2022-60-1-39-45
4. Slepencov A.E., Polikutina E.S., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E., Krivutsa Z.F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming // В сборнике: Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 01003. EDN: AAFVMK. doi: 10.1051/e3sconf/202126201003
5. Патент РФ № 196181 «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 Дальневосточный государственный аграрный университет. 19.02.2020. EDN: DMUIEI.
6. Патент РФ № 2714436 «Догружающе-корректирующее устройство для дискового луцильника» / Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Спириданчук Н.В., Вторников А.С., Слепенков А.Е., Марков С.Н.: заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. 14.02.2020. EDN: GRGDVG.
7. Повышение эффективности использования колесного пропашного трактора при бороновании / А.Е. Слепенков, О.А. Кузнецова, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 206-210. EDN: JMKKBC.
8. Патент РФ № 2812473 «Догрузочно-распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны» / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Ермаков Д.В., Школьников П.Н., Панова Е.В.: заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. 27.09.2023. EDN: TEEFBC.
9. Патент РФ № 2821900 «Распределяюще-догружающее устройство для прицепной рамной бороны» / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Ермаков Д.В., Школьников П.Н., Поликутина Е.С., Панова Е.В.: заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. 30.11.2023. EDN: TEEFBC.
10. Патент РФ № 2782360 «Корректор-распределитель сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата» / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Леонов В.В., Кушнарёв А.Н.: заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. 26. 10.2022. EDN: ILXPJJ.
11. ГОСТ 33687-215. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартиформ, 2020. 24 с.

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

References

1. Us S.S., Marshanin E.V., Kuznetsov K.E., Kuznetsov E.E., Shchitov S.V. The use of modern digital devices to the parameters of the movement of agricultural. The use of modern digital devices for fixing the parameters of movement of agricultural units. *Agrarian Scientific Journal*. 2023;8:147-154 (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154
2. Khafizov K.A., Khaliullin F.Kh. Ways to increase the efficiency of using machine and tractor units. *Machinery and equipment for the village*. 2015. № 10. P. 20-22 (In Russ.).
3. Slepnev A.E., Leonov V.V., Mitrokhina O.P., Kidyayeva N.P., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Studying of the use of a wheeled tractor and the upgraded disc harrow. *Machinery technical service*. 2022;1(146):39-45 (In Russ.). doi: 10.22314/2618-8287-2022-60-1-39-45
4. Slepnev A.E., Polikutina E.S., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E., Krivutsa Z.F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 01003*. (In Russ.). doi: 10.1051/e3sconf/202126201003.
5. Patent of the Russian Federation No. 196181 "Coupling weight regulator of the boron unit" /S.V. Shchitov, N.V. Spiridanchuk, K.E. Kuznetsov, A.E. Slepnev, Z.F. Krivutsa, S.N. Markov: applicant and patent holder of the Far Eastern State Agrarian University. 19.02.2020 (In Russ.).
6. Patent of the Russian Federation No. 2714436 "Loading and correcting device for disk shelling" /S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov, N.V. Spiridanchuk, A.S. Tuesnikov, A.E. Slepnev, S.N. Markov: applicant and patentee of the Far Eastern State Agrarian University. 14.02.2020 (In Russ.).
7. Slepnev A.E., Kuznetsova O.A., Kuznetsov E.E., Shchitov S.V. Improving the use of a wheeled row-crop tractor for harrowing. *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*. 2020;3(83):206-210 (In Russ.).
8. Patent of the Russian Federation No. 2812473 "Loading and distributing device for trailed frame disc harrow" / E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, D.V. Ermakov, P.N. Shkolnikov, E.V. Panova: applicant and patent holder of the Far Eastern State Agrarian University. 27.09.2023 (In Russ.).
9. Patent of the Russian Federation No. 2821900 "Distributing and loading device for trailed frame harrow" / E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, D.V. Ermakov, P.N. Shkolnikov, E.S. Polikutina, E.V. Panova: applicant and patent holder of the Far Eastern State Agrarian University. 30.11.2023 (In Russ.).
10. Patent of the Russian Federation No. 2782360 "Corrector-distributor of the coupling weight of the harrowing machine-tractor unit" /E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, V.V. Leonov, A.N. Kushnaryov: applicant and patent holder of the Far Eastern State Agrarian University. 10.2022 (In Russ.).
11. State Standard 33687-215. Machines and tools for surface. Test methods. Machines and tools for surface treatment of soil. Test methods. Moscow. Publishing house Standardinform, 2020. 24 p. (In Russ.).
12. State Standard 26955-86. Agricultural mobile equipment. Norms of impact of propulsors on soil. Moscow. Publishing House of Standards, 1986. 18 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Сергей Васильевич Щитов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, shitov.sv1955@mail.ru;

Зоя Фёдоровна Кривуца – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, математики и информатики, zfk20091@mail.ru;

Елена Сергеевна Поликутина – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники e.polikyutina@mail.ru;

Владимир Викторович Леонов – аспирант кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, leonovvladimir@mail.ru.

Information about the authors

Sergey V. Shchitov – Doctor of Science (Engineering), Professor, Chair of Transport and Energy Means and Mechanization of the Agro-Industrial Complex, shitov.sv1955@mail.ru;

Zoya F. Krivutsa – Doctor of Science (Engineering), Professor, Head of the Chair of Physics, Mathematics and Informatics, zfk20091@mail.ru;

Elena S. Polikutina – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Electric Power Engineering, e.polikyutina@mail.ru;

Vladimir V. Leonov – graduate student, Chair of Transport and Energy Facilities and Agro-Industrial Complex Mechanization, leonovvladimir@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 14.11.2024; одобрена после рецензирования 10.12.2024; принята к публикации 14.01.2025.

The article was submitted 14.11.2024; approved after reviewing 10.12.2024; accepted for publication 14.01.2025.