

## Результаты производственной проверки работы трактора с шарнирно-сочленённой рамой с тяжёлой дисковой бороной

**С. В. Щитов**, доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортно-энергетических средств и механизации АПК»

**З. Ф. Кривуца**, доктор технических наук, профессор кафедры «Физика, математика и информатика»

**В. В. Леонов**, соискатель

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

675000, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

zfk20091@mail.ru

**Резюме.** Целью исследований является повышение качества предпосевной подготовки почвы бороновальными машинно-тракторными агрегатами (МТА) путём оптимизации формирования силовых нагрузок на движители энергетического средства (повышение тягово-цепных свойств) и рабочие органы бороны (оптимизация глубины обработки). В представленной работе нашли отражение результаты проведённых исследований по использованию колёсного трактора с шарнирно-сочленённой рамой в агрегате с тяжёлой дисковой бороной при бороновании. Для реализации поставленной цели предложено устройство, оптимизирующее распределение нагрузки между движителями и рабочими органами бороновального агрегата. Экспериментальные исследования были проведены на базе крестьянско-фермерского хозяйства в Амурской области. Выбор места проведения обоснован тем, что почвы и климатические условия характерны для центральной части Амурской области: почвы луговые черноземновидные с механическим составом (тяжёлый суглинок); основная часть пахотных земель имеет угол наклона не более двух градусов (в местах проведения экспериментальных исследований); перепад температур и количество выпадающих осадков соответствует среднестатистическим. При кратковременном снижении нагрузки, приходящейся на движители трактора (передний мост – с 80216 Н до 78901 Н, задний мост – с 41102 Н до 40703 Н), произошло увеличение нагрузки на рабочие органы бороны с 29009 Н до 30502 Н. Кратковременное снижение нагрузки, приходящейся на рабочие органы бороны с 3042 Н до 28875 Н, позволяет увеличить сцепной вес на движители трактора (передний мост – с 79090 Н до 80220 Н, задний мост – с 40645 Н до 41235 Н).

**Ключевые слова:** трактор, тяжёлая дисковая борона, нагрузка, почва, движитель.

**Для цитирования:** Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Леонов В. В. Результаты производственной проверки работы трактора с шарнирно-сочленённой рамой с тяжёлой дисковой бороной // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №2 (70). С. 228-234. doi:10.18286/1816-4501-2025-2-228-234

## Results of the production operation check of an articulated frame tractor with a heavy disc harrow

**S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa<sup>✉</sup>, V. V. Leonov**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Far Eastern State Agrarian University  
675000, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya St., 86

<sup>✉</sup>zfk20091@mail.ru

**Abstract.** The aim of the research is to improve the quality of pre-sowing soil preparation by harrowing machine-tractor units (MTU) by improving the formation of power loads on the propellers of the power vehicle (increasing traction properties) and the working bodies of the harrow (improving the depth of cultivation). The presented work reflects the results of the conducted research on the use of a wheeled tractor with an articulated frame in a unit with a heavy disc harrow during harrowing. To achieve this goal, a device is proposed that improves the distribution of the load between the propellers and the working bodies of the harrowing unit. Experimental studies were conducted on the basis of a farm in the Amur Region. The choice of the location is justified by the fact that the soils and climatic conditions are typical for the central part of the Amur Region: meadow black soil-like soils with a mechanical composition (heavy loam); the main part of arable land has an angle of inclination of no more than two degrees (in the places where the experimental studies are being conducted); the temperature difference and the amount of precipitation correspond to the average statistical ones. With a short-term decrease in the load on the tractor propellers (front axle - from 80216 N to 78901 N, rear axle - from 41102 N to 40703 N), the load on the harrow working bodies increased from 29009 N to 30502 N. A short-term decrease in the load on the harrow working bodies from 3042 N to 28875 N allows to increase the coupling weight on the tractor propellers (front axle - from 79090 N to 80220 N, rear axle - from 40645 N to 41235 N).

**Keywords:** tractor, heavy disc harrow, load, soil, propeller.

**For citation:** Shchitov S. V., Krivutsa Z. F., Leonov V. V. Results of the production operation check of an articulated frame tractor with a heavy disc harrow // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;2(70): 228-234 doi:10.18286/1816-4501-2025-2-228-234

### Введение

Урожайность возделываемых культур зависит от многих факторов, среди них можно отметить наиболее значимые: качество семенного материала, наличие удобрений, выдерживание агротехнологических требований, обеспеченность средствами механизации и региональные особенности. В Амурской области конечный результат во многом определяется региональными особенностями: низкие отрицательные показатели температуры зимой, наличие снежного покрова, промерзание почвенного горизонта свыше 2,5 м, невозможность провести подготовку почвы в осенний период, выпадение основного количества осадков в период проведения посевных и уборочных работ, поздние сроки окончания уборки сои и многие другие факторы. Поздние сроки уборки сои и наступление отрицательных температур с одновременным выпадением осадков в виде снега не позволяют провести работы по подготовке почвы к весенним посевным работам в осенний период [1, 2, 3]. Поэтому такие работы необходимо проводить одновременно с посевом. Резкое наступление положительных температур, таяние снега и наличие мерзлотного основания резко снижают несущую способность верхнего почвенного горизонта. В то же время неравномерное оттаивание верхнего почвенного горизонта по площади поля обуславливает наличие мерзлотных участков, затрудняющих использование плугов при подготовке почвы. При этом наличие больших посевных площадей и ограниченные сроки предопределяют использование безотвального способа подготовки почвы с применением тяжёлых дисковых борон. Поэтому в процессе подготовки поля в связи с наличием мерзлотных участков возникает необходимость регулировки нагрузки как приходящейся на движители трактора для повышения их тягово-сцепных свойств, так и на рабочие органы для повышения качества подготовки почвы (выдерживания глубины обработки).

Цель исследований – повышение качества предпосевной подготовки почвы бороновальными машинно-тракторными агрегатами (МТА) путём оптимизации формирования силовых нагрузок на движители энергетического средства (повышение тягово-сцепных свойств) и рабочие органы борон (оптимизация глубины обработки)

### Материалы и методы

Экспериментальные исследования были проведены на базе крестьянско-фермерского хозяйства «Жуковин С.А.», с Черемхово Ивановского района Амурской области. Выбор места проведения обоснован тем, что почвы и климатические условия характерны для центральной части Амурской области:

– почвы луговые черноземновидные с механическим составом (тяжёлый суглинок);

– основная часть пахотных земель имеет угол наклона не более двух градусов (в местах проведения экспериментальных исследований);

– перепад температур и количество выпадающих осадков соответствует среднестатистическим.

Использование тяжёлых дисковых борон при подготовке почвы направлено на решение задач, представленных на рисунке 1.

Решение выше обозначенных задач позволит:

- выдержать агротехнологические сроки;
- снизить топливно-энергетические затраты;
- сохранить водный баланс почвы;
- уменьшить возникновение водно-ветровой эрозии;
- поддержать естественную пористость поверхностного почвенного горизонта;
- минимизировать воздействие на почвенную микрофлору;
- разрушить крупные почвенные агрегаты и корку на поверхности почвы;
- создать оптимальные условия для корневой системы культуры;
- улучшить плодородие почвы.

Для снижения влияния естественно-климатических особенностей региона на процесс подготовки почвы с использованием тяжёлых дисковых борон было разработано устройство, позволяющее по мере необходимости [4]:

- повышать сцепные качества трактора за счёт кратковременного повышения нагрузки на ведущие колёса (передача нагрузки с бороны);
- регулировать глубину обработки за счёт кратковременного повышения нагрузки на рабочие органы борон (передача нагрузки с трактора).

Общий вид комплектующих предлагаемого устройства представлен на рисунке 2.

Предлагаемое устройство за счёт гибкой тросовой связи соединяет между собой через гидроцилиндр трактор (рис. 3а) и борону (рис. 3б).

Принцип работы предлагаемого устройства заключается в том, что используемая гибкая тросовая связь способствует перераспределению части нагрузки, создаваемой гидроцилиндром или на трактор (втягивание штока) или на борону (выход штока) [4]. В результате проведенных теоретических исследований были получены аналитические зависимости по перераспределению нагрузки внутри машинно-тракторного агрегата в зависимости от положения штока гидроцилиндра, которые приведены в ранее опубликованных работах [5, 6, 7].

#### 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

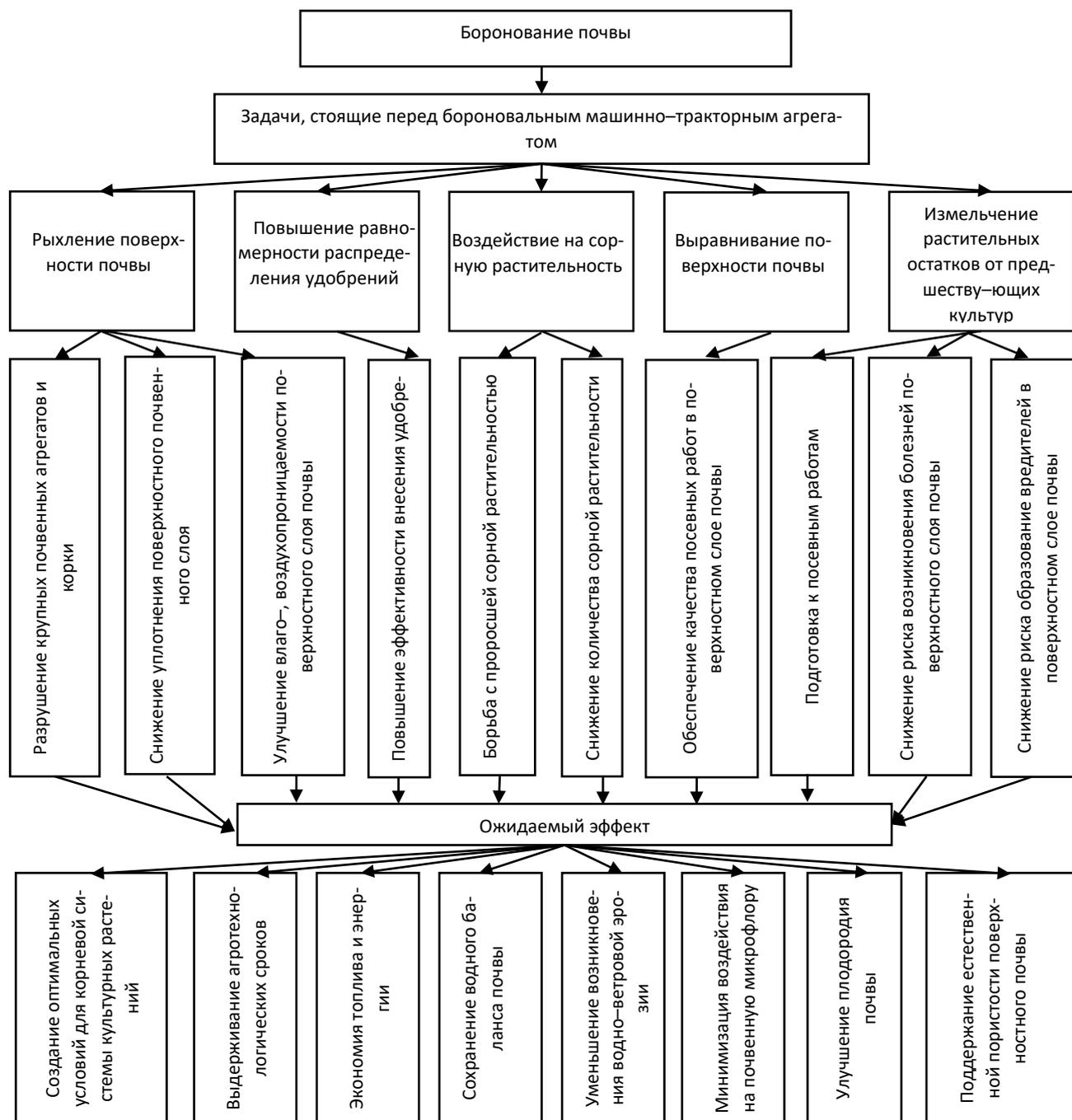


Рис. 1. Взаимосвязь между задачами, стоящими перед бороновальным агрегатом, и ожидаемым эффектом

ТОМ

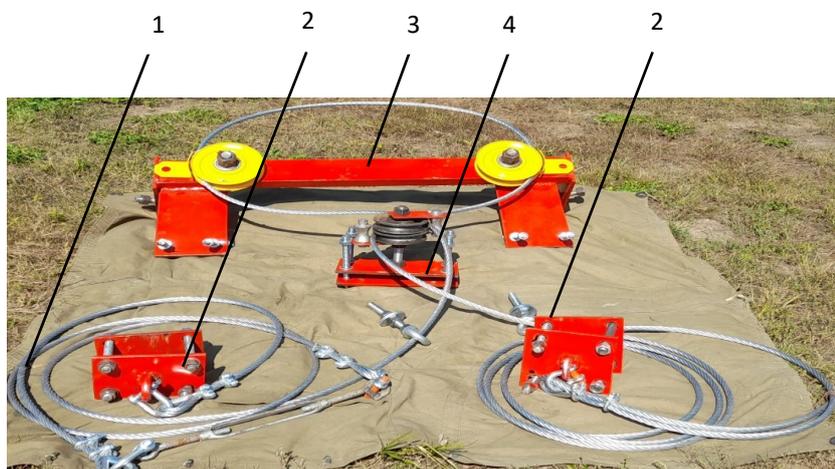


Рис. 2. Общий вид комплектующих устройства в сборе

1 – гибкая тросовая связь; 2 – установочные кронштейны; 3 – передняя балка с опорными блок-роликми; 4 – двойной блок-ролик на кронштейне



Рис. 3. Общий вид предлагаемого устройства, установленного на бороновальный агрегат: а – трактор; б – борона

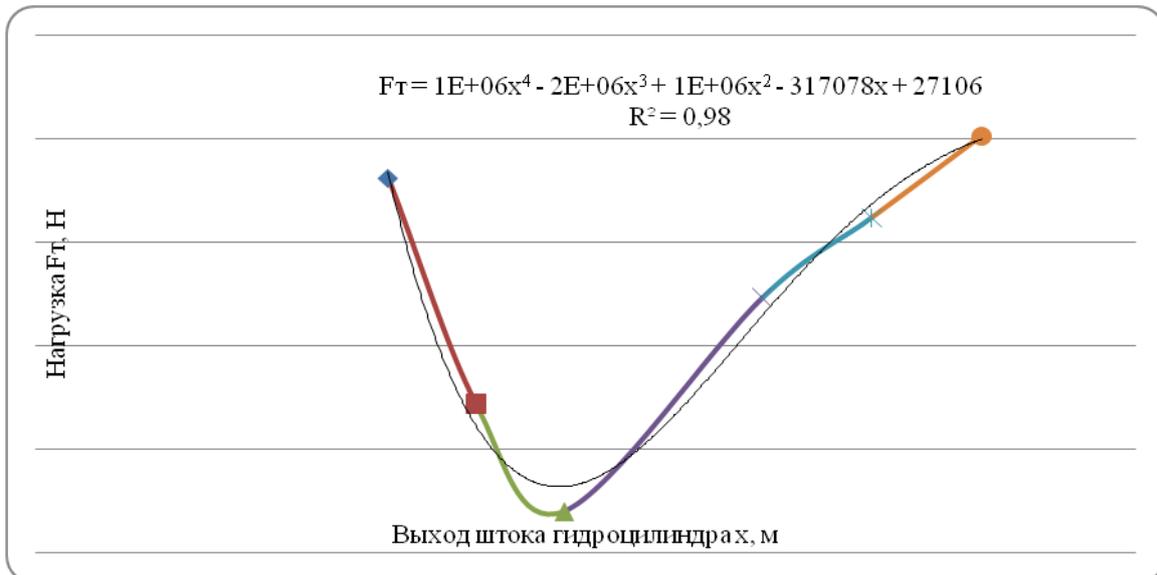


Рис. 4. Зависимость нагрузки  $F_T$  в гибкой тросовой связи от выхода штока  $x$  гидроцилиндра навески

Для подтверждения полученных и опубликованных теоретических зависимостей [8, 9, 10] проведена производственная проверка. При этом измеряли следующие показатели:

- нагрузку на передние колёса и задние колёса трактора (весами платформенными электронными МВСК(В));
- нагрузку на рабочие органы бороны (весами МВСК(В));
- нагрузку в гибкой тросовой части (крановыми весами ВК–5000);
- выход штока гидроцилиндра (измерительной линейкой).

#### Результаты

Результаты проведенных исследований по определению влияния изменения выхода штока  $x$  гидроцилиндра (относительно нейтрального положения при  $x = 0,24$  м) на нагрузку в гибкой тросовой связи представлены на рисунке 4.

Необходимо отметить, что с увеличением выхода штока гидроцилиндра (от нейтрального положения) нагрузка в гибкой тросовой связи возрастает от 205 Н при выходе штока гидроцилиндра 0,24 м до

2020 Н при выходе штока 0,43 м, при этом данная нагрузка передавалась с трактора на рабочие органы бороны. С уменьшением выхода штока гидроцилиндра от 0,24 м до 0,16 м произошло увеличение нагрузки в гибкой тросовой связи устройства с 205 Н до 1820 Н, при этом нагрузка передавалась с бороны на движители трактора (рис. 4).

При работе устройства в режиме передачи части нагрузки с бороны на трактор возрастание нагрузки на передний и задний мост трактора связано с изменением нагрузки в гибкой тросовой части (рис. 5 и 6).

Проанализировав полученные данные (рис. 5 и рис. 6), необходимо отметить, что при частичной передаче нагрузки с бороны на трактор изменился сцепной вес, приходящийся:

- на передний мост трактора с 79050 Н до 80320 Н;
- на задний мост трактора с 40655 Н до 41200 Н.

При этом нагрузка, приходящаяся на борону, снижается (рис. 7).

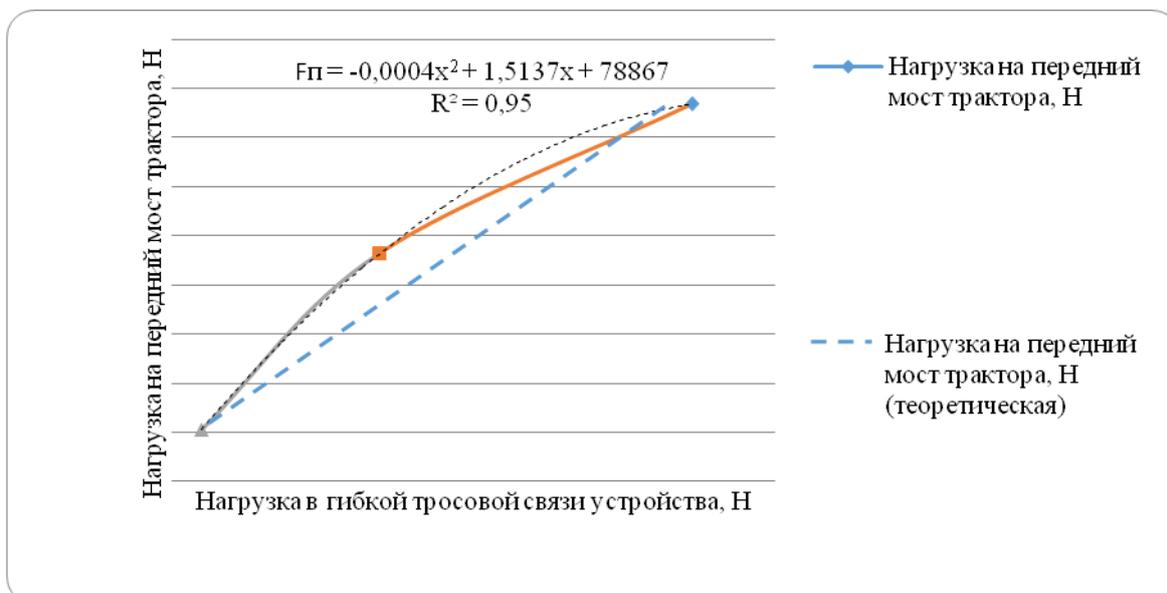


Рис. 5. Зависимость нагрузки на передний мост трактора  $F_{п}$  от нагрузки в гибкой тросовой связи  $y$  (передача нагрузки с бороны на трактор)

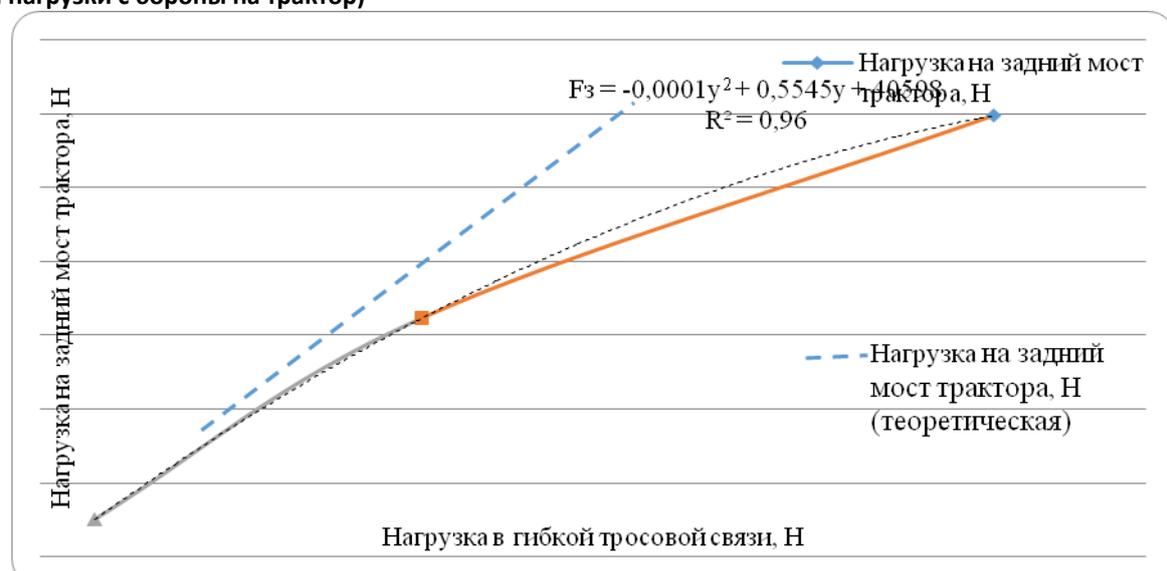


Рис. 6. Зависимость нагрузки на задний мост трактора  $F_{з}$  от нагрузки в гибкой тросовой связи устройства  $y$  (передача нагрузки с бороны на трактор)

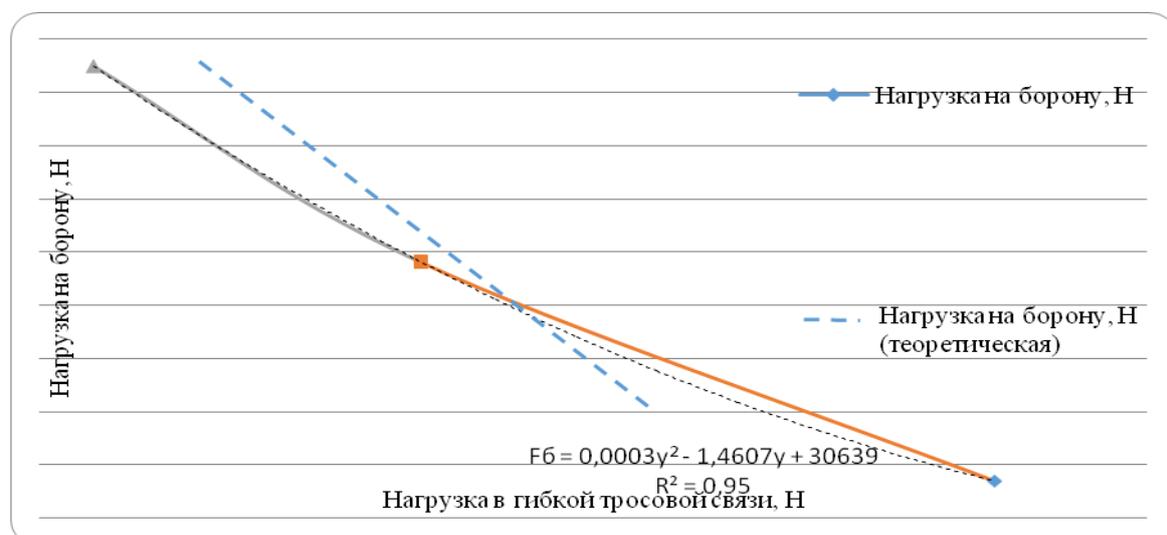


Рис. 7. Зависимость нагрузки на борону  $F_{б}$  от нагрузки в гибкой тросовой связи устройства  $y$  (передача нагрузки с бороны на трактор)

**Таблица. Распределение нагрузки внутри МТА при передаче с трактора на борону в зависимости от длины выхода штока гидроцилиндра**

Измеряемые величины	Значения измеряемых величин		
	0,16	0,20	0,24
Выход штока гидроцилиндра навески, м	80216	79608	78901
Нагрузка на передний мост трактора, Н	41102	40912	40703
Нагрузка на задний мост трактора, Н	29009	29781	30502
Нагрузка на борону, Н	1820	721	205

Результаты исследований по передаче нагрузки с трактора на борону приведены в таблице.

Исследования показали (табл.), что при снижении нагрузки, приходящейся на движители трактора (на передний мост – с 80216 Н до 78901 Н, на задний мост – с 41102 Н до 40703 Н) произошло увеличение нагрузки на рабочие органы бороны с 29009 Н до 30502 Н. Снижение нагрузки (рис. 5, 6, 7) на рабочие органы бороны с 30425 Н до 28875 Н позволило увеличить вес, приходящийся на движители трактора (на передний мост – с 79090 Н до 80220 Н, на задний мост – с 40645 Н до 41235 Н).

#### Обсуждение

Проведённая производственная проверка предлагаемого устройства показала, что его использование позволяет изменять нагрузку на рабочие органы бороны и движители трактора. Одним из показателей, определяющих качество подготовки почвы к посевным работам, является выдерживание необходимой глубины обработки [11, 12, 13]. Регулирование нагрузки на рабочие органы бороны очень важно, 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. Установлено, что при использовании предлагаемого устройства в местах наличия мерзлотного основания глубина обработки составила 0,19 м, а в серийном варианте – 0,16 м за счёт частичного перераспределения нагрузки с трактора на борону.

Эффективность использования МТА во многом зависит от тягово-сцепных свойств энергетических

средств (тракторов), которые во многом определяются сцепным весом, приходящимся на движители [14, 15, 16].

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

#### Заключение

Использование предлагаемого устройства, позволяющего кратковременно перераспределять нагрузку между рабочими органами бороновального агрегата и движителями трактора, особенно важно при выполнении работ, связанных с подготовкой почвы к посевным работам, на почвах, имеющих мерзлотное основание. В результате такого перераспределения нагрузки решаются две основные задачи.

1. Повышение качества подготовки почвы (выдерживание глубины обработки при наличии небольших мерзлотных очагов) за счёт частичного использования веса трактора. Установлено, что при использовании предлагаемого устройства в местах наличия мерзлотного основания за счёт частичного перераспределения нагрузки с трактора на борону глубина обработки составила 0,19 м, а в серийном варианте – 0,16 м.

2. Повышение тягово-сцепных свойств трактора (кратковременное увеличение сцепного веса, за счёт частичного использования веса, приходящегося на рабочие органы бороны). Сцепной вес, приходящийся на передний и задний мосты трактора, соответственно увеличился на 1400 Н и 600 Н.

#### Литература

- Беляев В. И., Кузнецов В. Н. Влияние основной обработки почвы на запасы почвенной влаги перед посевом яровых культур в различных агроклиматических условиях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 1 (243). С. 49–56. doi: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56
- Особенности эксплуатации энергетических средств в условиях рискованного земледелия / З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов, С. Н. Марков и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 99–103.
- Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4(52). С. 80–89
- Пат. 2782360. Российская федерация, С1 А01В 23/00 (2022.08); А01В 21/08 (2022.08); А01В 63/11 (2022.08). Корректор-распределитель сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, В.В. Леонов, А.Н. Кушнарёв; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ. Заявка № 2022104842; от 22.02.2022; опубл. 22.10.2022, Бюл. № 30.
- Беляев В. И., Прокопчук Р. Е., Буторов Н. А. Влияние режимов работы посевных агрегатов на качество посева, водный режим почвы и урожай яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9 (203). С. 114–119. doi: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-114-119.
- Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Шишлов Д. С. К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 1. С. 99–104. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104

7. Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Шишлов Д. С. Теоретические предпосылки к определению сопротивления почвы воздействию деформатора // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 4. С. 130–135. doi: 10.22450/1999–6837–2024–18–4–130–135
8. Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Шапарь М. С. Влияние типа деформатора на уплотнение почвы катком ударного действия // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53). С. 100–104. doi: 10.22450/1999–6837–2020–1–100–104
9. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства / Д. Н. Раднаев, З. Ю. Стрекаловская, А. И. Неустроева и др. // Научно–технический вестник Поволжья. 2023. № 6. С. 270–272.
10. Обоснование рациональных параметров прикатывающего катка комбинированного сошника при посеве зерновых культур / Д. Н. Раднаев, С. С. Калашников, Д. Ц. Б. Бадмацыренов и др. // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 2. С. 158–167. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_158
11. Искандаров И. А., Джаббаров Н. И. Алгоритм определения оптимальных режимов работы МТА для посева пропашных культур // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5(156). С. 59–69. doi: 10.24412/2227–9407–2024–5–59–69
12. Яковлев Д. А., Беляев В. И., Поляков Г. Н. Оценка влияния влажности почвы при посеве на глубину заделки семян зерновых культур / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 104–110. doi: 10.26898/0370–8799–2023–1–13
13. Герашченко В. В., Жадик П. В., Жадик А. В. Устройство для регулирования сцепного веса трактора // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. № 5. С. 14–15.
14. Кобяков И. Д. Качество обработки почвы дисковыми рабочими органами // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 5. С. 38–39.
15. Нестяк В. С., Кобяков И. Д., Союнов А. С. Деформация почвы плужным дисковым ножом // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. Новосибирск. Т. 2. № 23–2. 2012. С. 112–115.
16. Окунев Г. А., Зырянов А. П., Пятаев М. В. Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста // АПК России. 2022. Т. 29. № 1. С. 48–53.

#### References

1. Belyaev V. I., Kuznetsov V. N. Effect of primary tillage on soil moisture reserves before sowing spring crops in various agroclimatic conditions // Vestnik of the Altai State Agrarian University. 2025. No. 1 (243). P. 49–56. doi: 10.53083/1996–4277–2025–243–1–49–56.
2. Features of the operation of energy resources in conditions of risky farming / Z. F. Krivutsa, S. V. Shchitov, S. N. Markov et al. // Vestnik of Orenburg State Agrarian University. 2024. No. 6 (110). P. 99–103.
3. Improvement of pre-sowing soil preparation processes in the Amur Region / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, et al. // Vestnik of Kurgan State Agricultural Academy. 2024. No. 4(52). P. 80–89.
4. Patent 2782360. Russian Federation, C1 A01B 23/00 (2022.08); A01B 21/08 (2022.08); A01B 63/11 (2022.08). Corrector-distributor of the coupling weight of a harrowing machine-tractor unit / E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, V.V. Leonov, A.N. Kushnarev; applicant and patent holder FSBEI HE Far Eastern State Agrarian University. Application No. 2022104842; dated 22.02.2022; published 22.10.2022, Bull. No. 30.
5. Belyaev V.I., Prokopchuk R.E., Butorov N.A. Influence of operating modes of seeding units on the quality of sowing, water soil regime and spring wheat yield // Vestnik of the Altai State Agrarian University. 2021. No. 9 (203). P. 114–119. doi: 10.53083/1996–4277–2021–203–09–114–119.
6. Shishlov S.A., Shishlov A.N., Shishlov D.S. On the issue of deformation-energy assessment of the soil condition during cultivation // Far Eastern Agrarian Vestnik. 2024. Vol. 18. No. 1. P. 99–104. doi: 10.22450/1999–6837–2024–18–1–99–104.
7. Shishlov S.A., Shishlov A.N., Shishlov D.S. Theoretical prerequisites for determining the resistance of soil to the impact of a deformer // Far Eastern Agrarian Vestnik. 2024. Vol. 18. No. 4. P. 130–135. doi: 10.22450/1999–6837–2024–18–4–130–135
8. Shishlov S.A., Shishlov A.N., Shapar M.S. Influence of the type of the deformer on soil compaction by an impact roller // Far Eastern Agrarian Vestnik. 2020. No. 1 (53). P. 100–104. doi: 10.22450/1999–6837–2020–1–100–104.
9. Integrated mechanization of agricultural production / D.N. Radnaev, Z.Yu. Strekalovskaya, A.I. Neustroeveva, et al. // Scientific and technical Vestnik of the Volga region. 2023. No. 6. P. 270–272.
10. Justification of rational parameters of the rolling roller of a combined coulter when sowing grain crops / D.N. Radnaev, S.S. Kalashnikov, D.Ts.B. Badmatsyrenov, et al. // Far Eastern agrarian Vestnik. 2022. Vol. 16. No. 2. P. 158–167. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_158.
11. Iskandarov I. A., Dzhaborov N. I. Algorithm for determining the appropriate operating modes of the machine-tractor unit for sowing of row crops // Vestnik NГИЭИ. 2024. No. 5 (156). P. 59–69. doi: 10.24412/2227–9407–2024–5–59–69.
12. Yakovlev D. A., Belyaev V. I., Polyakov G. N. Assessment of the influence of soil moisture during sowing on the seeding depth of grain crops / Siberian Vestnik of Agricultural Science. 2023. Vol. 53. No. 1. P. 104–110. doi: 10.26898/0370–8799–2023–1–13.
13. Gerashchenko V.V., Zhadik P.V., Zhadik A.V. Device for regulating the coupling weight of a tractor // Tractors and agricultural machinery. 2002. No. 5. P. 14–15.
14. Kobayakov I.D. Quality of soil cultivation with disk working bodies // Tractors and agricultural machinery. 2010. No. 5. P. 38–39.
15. Nestyak V. S., Kobayakov I. D., Soyunov A. S. Soil deformation by a plow disk knife // Vestnik of Novosibirsk State Agrarian University. Novosibirsk. Vol. 2. No. 23–2. 2012. P. 112–115.
16. Okunev G. A., Zyryanov A. P., Pyataev M. V. Influence of design and operational parameters of the unit on the rational position of the center of gravity of the additional trailing drive axle // AIC of Russia. 2022. Vol. 29, No. 1. P. 48–53.