

УДК 631.41

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-254-12-90-96

С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, П.Н. Школьников,  
Е.С. Поликутина, Д.В. Ермаков  
S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, P.N. Shkolnikov,  
E.S. Polikutina, D.V. Ermakov

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРОНОВАЛЬНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

### RESULTS OF ON-THE-FARM TESTS OF A HARROWING MACHINE-TRACTOR UNIT

**Ключевые слова:** *твёрдость, плотность, почва, глубина обработки, бороновальный агрегат, борона БДТ-3, трактор.*

Для Амурской области в силу особых специфических условий при проведении сельскохозяйственных весенних полевых работ нашел широкое применение безотвальный способ подготовки почвы. Выбор данного способа обусловлен тем, что в этот период подпахотный слой перенасыщен влагой, которая в свою очередь снижает ответную реакцию почвы на внешние факторы, воздействующие на неё. На основании ранее проведенных исследований установлено, что решить эту проблему возможно путём регулирования силовой нагрузки, приходящейся на опорные поверхности энергетического средства и рабочие органы почвообрабатывающего орудия. Основная цель исследований – повышение эффективности использования бороновальных агрегатов при выполнении весенних полевых работ с учётом региональных особенностей за счёт повышения сцепного веса трактора. В качестве объекта исследований взят почвообрабатывающий машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора Беларус 82.1 и тяжелой дисковой бороны БДТ-3. Для выполнения поставленной цели разработано и внедрено техническое решение в виде дополнительного устройства, устанавливаемого на почвообрабатывающий машинно-тракторный агрегат. При этом предусматривалось определить работоспособность адаптированного (с установленным устройством) почвообрабатывающего машинно-тракторного агрегата и установить влияние его конструктивно-технологических параметров на изменение силовой нагрузки. Использование предлагаемого устройства позволило адаптировать энергетическое средство к несущей способности почвы и почвообрабатывающий агрегат к физико-механическим свойствам почвы за счёт регулирования силовой нагрузки. Как показали исследования, установка предлагаемого устройства позволяет регулировать силовое воздействие на опорные поверхности энергетического средств и рабочие органы почвообрабатывающего орудия в пределах 11150-11500 Н, повысить производитель-

ность за 1 ч основного рабочего времени на 14,9% и снизить расход топлива на единицу обработанной площади почвообрабатывающего агрегата на 8,1% по сравнению с серийным машинно-тракторным агрегатом.

**Keywords:** *hardness, density, soil, tillage depth, harrowing unit, BDT-3 harrow, tractor.*

For the Amur Region, due to specific conditions during agricultural field operations in spring, the boardless tillage technique has found widespread use. The choice of this tillage technique is due to the fact that during this period the subsurface layer is oversaturated with moisture which in turn reduces the response of the soil to external factors affecting it. Based on previous studies, it was found that it was possible to solve this problem by regulating the power load on the supporting surfaces of the energy means and the working bodies of the tillage tool. The research goal was to increase the efficiency of using harrowing units at spring field operations taking into account the regional features by increasing the coupling weight of the tractor. The research target was a tillage machine-tractor unit consisting of the Belarus 82.1 tractor and a heavy disc harrow BDT-3. To achieve this research goal, a technical solution was developed and implemented in the form of an additional device installed on the tillage machine-tractor unit. At the same time, it was provided for the determination of the operability of the adapted (with the installed device) tillage machine-tractor unit and to reveal the effect of its structural and technological parameters on the change in the power load. The use of the proposed device made it possible to adapt the energy means to the bearing capacity of the soil and the tillage unit to the physical and mechanical properties of the soil due to the regulation of the power load. The installation of the proposed device makes it possible to control force action on supporting surfaces of power means and working elements of tillage tools within the limits of 11150...11500 N, to increase the capacity per hour of main working time by 14.9% and to reduce fuel consumption per unit of tilled area of the tillage unit by 8.1% of area as compared to a serial machine-tractor unit.

**Щитов Сергей Васильевич**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

**Кривуца Зоя Фёдоровна**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой физики, математики и информатики, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: zfk20091@mail.ru.

**Школьников Павел Николаевич**, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: pavel.shkolnikov@mail.ru.

**Поликутина Елена Сергеевна**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

**Ермаков Денис Владимирович**, аспирант, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: denermakov00@gmail.com.

**Shchitov Sergey Vasilevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

**Krivutsa Zoya Fedorovna**, Dr. Tech. Sci., Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: zfk20091@mail.ru.

**Shkolnikov Pavel Nikolaevich**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: pavel.shkolnikov@mail.ru.

**Polikutina Elena Sergeevna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

**Ermakov Denis Vladimirovich**, post-graduate student, Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: denermakov00@gmail.com.

### Введение

Качество подготовки почвы к дальнейшим полевым работам во многом определяется, насколько используемые почвообрабатывающие агрегаты соответствуют естественно-производственным и природно-климатическим условиям региона [1], отчего во многом зависит выполнение весенне-полевых работ в отведённые агротехнологические сроки с обязательным соблюдением всех технологических операций и требований. В крестьянско-фермерских хозяйствах Амурской области подготовка почвы осуществляется, как правило, весной, что предопределило способ её подготовки – безотвальный. Это объясняется рядом преимуществ [2, 3]:

- уменьшение топливно-энергетических и экономических затрат;
- выдерживание агротехнологических сроков проведения ранне-весенних посевных работ;
- уменьшение вероятности возникновения эрозии обрабатываемого поля;
- улучшение водно-воздушного баланса обрабатываемого поля;
- снижение техногенного воздействия на почву машинно-тракторных агрегатов;
- улучшение основных качественных показателей состояния почвы – твёрдости, плотности, коэффициента структурности.

В то же время в период проведения ранне-весенних полевых работ, связанных с подготовкой почвы почвообрабатывающими машинно-тракторными агрегатами, состоящими из трактора Беларус 82.1 (класс тяги 1,4) и тяжелой

дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3), возникает необходимость адаптации их с учётом региональных природно-климатических особенностей [4]:

- повышение тягово-сцепных возможностей самого энергетического средства за счёт возможности регулирования силового воздействия его движителей на поверхность поля;
- повышение качества подготовки почвы к дальнейшим полевым работам за счёт возможности регулирования силового воздействия обрабатывающих органов в зависимости от её физико-механических свойств.

Для адаптации почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов, состоящих из трактора семейства Беларус (класс тяги 1,4) и тяжелой дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3), предложены устройства [5, 6], направленные на решение проблем, связанных с региональными особенностями Дальневосточного региона. Подготовка почвы к полевым работам этими агрегатами даст возможность:

- регулировать силовое воздействие опорных оснований энергетического средства на поверхность поля с целью обеспечения необходимых ему тягово-сцепных возможностей;
- регулировать силовое воздействие обрабатывающих органов на поверхность поля с учётом его физико-механических параметров.

В связи с вышеизложенными проблемами определена **цель** исследований – повышение эффективности использования бороновальных агрегатов при выполнении весенних полевых

работ с учётом региональных особенностей и за счёт повышения сцепного веса трактора.

Для выполнения обозначенной цели исследований предусмотрены следующие задачи:

- провести исследования по определению работоспособности адаптированного (с установленным устройством) почвообрабатывающего машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора Беларус 82.1 (класс тяги 1,4) и тяжелой дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3);
- установить количественную оценку влияния конструктивных параметров устройства на повышение сцепного веса трактора.

#### Объекты и методы исследования

При проведении исследований в качестве объекта исследования был взят почвообрабатывающий машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора Беларус 82.1 (класс тяги 1,4) и тяжелой дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3) (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид трактора класса 1,4 с адаптированной тяжелой дисковой бороной БДТ-3

При проведении исследований производились измерения следующих параметров:

- силовое воздействие (нагрузка), приходящееся на движители энергетического средства (рис. 2);
- силовое воздействие (нагрузка), приходящееся на обрабатывающие органы тяжелой дисковой бороны (рис. 3).

При определении силового воздействия (нагрузки), приходящегося на движители энергетического средства (трактор Беларус 82.1) и обрабатывающие органы тяжелой дисковой бороны (БДТ-3), использовались электронные весы, позволяющие определить нагрузку до 10 т, измерительная линейка и инклинометр Absolute Digital Protractor (рис. 4).

Экспериментальные исследования по определению влияния конструктивных параметров устройства на повышение сцепного веса трактора проводились в соответствии с требованиями типовых методик: ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний». Исследования проводились на базе КФХ «Жуковин», производственные условия которого являются типичными для южного района Амурской области.

Общее устройство и принцип работы предлагаемого технического решения подробно описаны в работах [2, 3].



Рис. 2. Фрагмент измерения силового воздействия (нагрузка), приходящегося на опорные основания (движители) трактора Беларус 82.1



**Рис. 3. Фрагмент измерения нагрузки, приходящейся на рабочие органы тяжёлой дисковой бороны БДТ-3**



**Рис. 4. Общий вид прибора для определения углов наклона**

### Результаты и обсуждение

Результаты экспериментальных исследований по определению изменения нагрузки, приходящейся на задние движители энергетического средства с адаптированной дисковой бороной, приведены на рисунках 5 и 6.

Полученные в результате проведенных исследований данные, представленные на рисунке 5, позволили установить, что величина силового воздействия (нагрузки), приходящегося на задние движители трактора Беларус 82.1, во многом зависит от изменения длины выхода штока гидроцилиндра. При увеличении длины выхода штока (от нейтрального положения) на 0,12 м произошло увеличение силового воздействия (нагрузки) с 22000 до 33150 Н. При дальнейшем увеличении длины выхода штока силовое воздействие (нагрузка), приходящееся на задние движители трактора Беларус 82.1, практически не изменяется.

При изменении угла наклона рамы бороны также происходит увеличение силового воздействия (нагрузки), приходящегося на задние движители трактора Беларус 82.1 (рис. 6). С уменьшением угла наклона рамы бороны (наклон в сторону задней секции) от 0° до 12° произошло увеличение нагрузки с 21800 до 33300 Н.

Таким образом, использование адаптированного почвообрабатывающего машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора Беларус 82.1 (класс тяги 1,4) и тяжелой дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3), позволяет регулировать силовое воздействие (нагрузку) на задние движители энергетического средства. При этом необходимо отметить, что при выдвигении штока одновременно происходит перераспределение силового воздействия (нагрузки) на рабочие органы почвообрабатывающего агрегата (рис. 7).

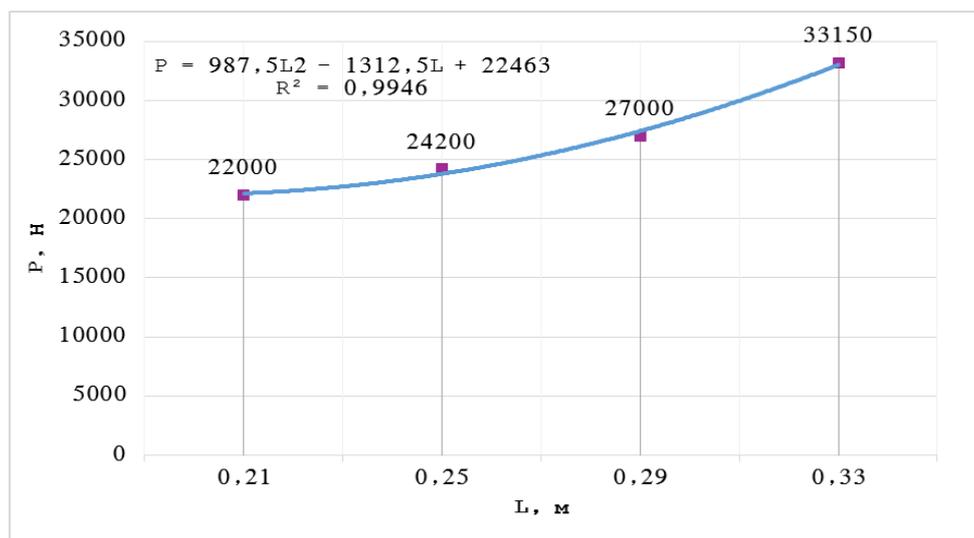


Рис. 5. Зависимость силового воздействия (нагрузки), приходящегося на задние движители трактора Беларус 82.1, от изменения длины штока гидроцилиндра

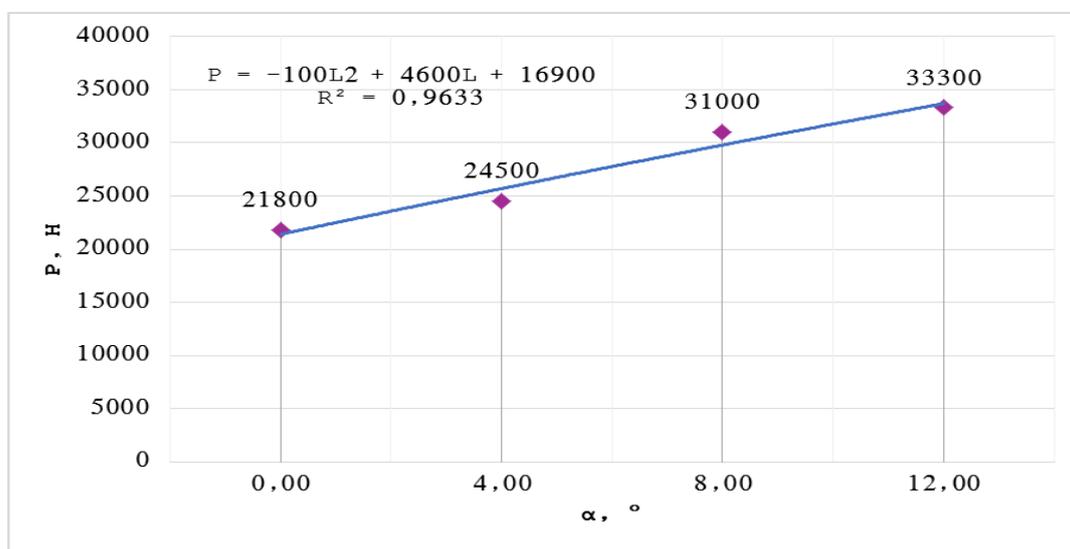


Рис. 6. Зависимость силового воздействия (нагрузки), приходящегося на задние движители трактора Беларус 82.1, от изменения угла наклона рамы

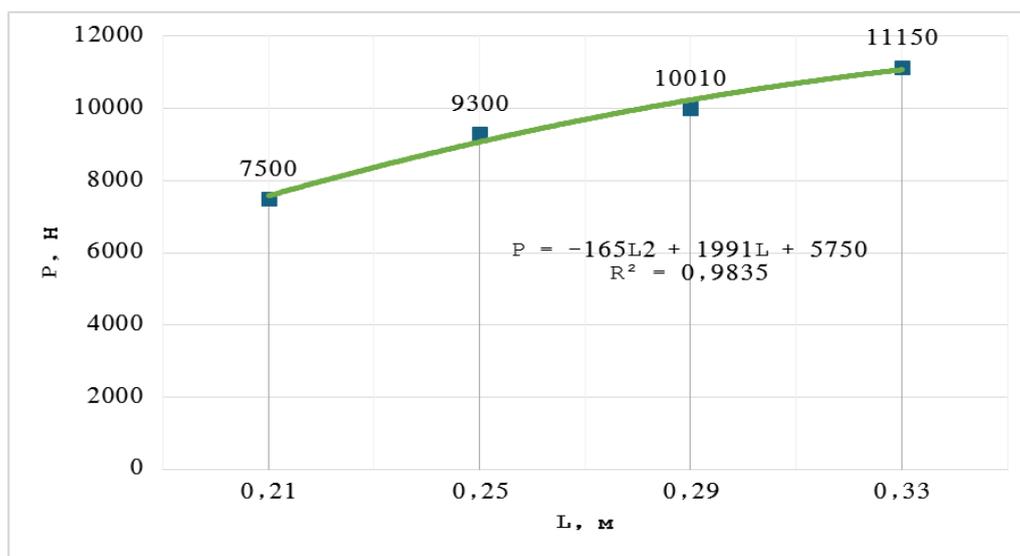


Рис. 7. Зависимость силового воздействия (нагрузки), приходящегося на рабочие органы почвообрабатывающего агрегата, от изменения длины выхода штока гидроцилиндра

Полученные в результате проведенных исследований данные представленные на рисунке 7, позволили установить, что величина силового воздействия (нагрузки), приходящегося на рабочие органы почвообрабатывающего агрегата, зависит от изменения длины выхода штока гидроцилиндра. При изменении длины выходы штока (от нейтрального положения) с 0,21 до 0,33 м силовое воздействие (нагрузка) на рабочие органы почвообрабатывающего агрегата возросло с 7500 до 11150 Н.

### Выводы

1. Проведенные исследования с почвообрабатывающего машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора Беларус 82.1 (класс тяги 1,4) и тяжелой дисковой бороны с шириной захвата 3 м (БДТ-3), позволяют регулировать силовое воздействие на почву трактора в пределах 11150-11500 Н, а дисковой бороны – в пределах 3650 Н.

2. Использование машинно-тракторного агрегата с догружающе-распределяющим устройством позволило повысить производительность в 1 ч основного рабочего времени на 14,9% и снизить расход топлива на единицу обработанной площади на 8,1% по сравнению с серийным МТА.

### Библиографический список

1. Беляев, В. И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-12.

2. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин / Е. С. Поликутина, С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца [и др.] – Текст: непосредственный // Вестник Курганской ГСХА. – 2024. – № 3 (51). – С. 71-77.

3. Поликутина, Е. С. Улучшение тяговых показателей колёсных энергетических средств при работе с прицепными агрегатами / Е. С. Поликутина, С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца. – Текст: непо-

средственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 5 (109). – С. 144-148.

4. Пути перераспределения силовых нагрузок на опорные поверхности машинно-тракторного агрегата / С. В. Щитов, Е. С. Поликутина, З. Ф. Кривуца [и др.]. – DOI 10.53083/1996-4277-2025-247-5-70-74. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 5 (247). – С. 70-74.

5. Патент на полезную модель № 2821900 С1 Российская Федерация А01В 21/00. Распределяюще-догружающее устройство для прицепной рамной бороны, патент на изобретение / Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. [и др.]. – заявка № 2023131290 от 30.11.2023. – Текст: непосредственный.

6. Патент на изобретение № 2812473 С1 Российская Федерация А01В 71/02. Догрузочно-распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны, патент на изобретение / Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. [и др.]. – заявка № 2023124750 от 27.09.2023. – Текст: непосредственный.

### References

1. Belyaev V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altayskom krae / V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 4 (162). S. 5–12.

2. Povyshenie proizvoditelnosti pritsepnykh agregatov pochvoobrabatyvayushchikh mashin / E.S. Polikutina, S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, P.N. Shkolnikov, D.V. Ermakov // Vestnik Kurganskoy GSKHA. 2024. No. 3 (51). S. 71-77.

3. Polikutina E.S., Shchitov S.V., Krivutsa Z.F. Uluchshenie tyagovykh pokazateley kolesnykh energeticheskikh sredstv pri rabote s pritsepnyimi agregatami // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. No. 5 (109). S. 144–148.

4. Puti pereraspredeleniya silovykh nagruzok na opornye poverkhnosti mashinno-traktornogo

agregata / S.V. Shchitov, E.S. Polikutina, Z.F. Krivutsa, A. A. Kovshun, V. A. Shchitova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. No. 5 (247). S. 70–74. DOI: 10.53083/1996–4277–2025–247–5–70–74.

5. Patent na poleznuyu model No. 2821900 S1 Rossiyskaya Federatsiya A01B 21/00. Raspredelyayushche–dogruzhayushchee ustroystvo dlya pritsepnoy ramnoy borony, patent na izobretenie /

E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov i dr. // zayavka No. 2023131290 ot 30.11.2023.

6. Patent na izobretenie No. 2812473 S1 Rossiyskaya Federatsiya A01B 71/02. Dogruzochno–raspredelyayushchee ustroystvo dlya pritsepnoy ramnoy diskovoy borony, patent na izobretenie / E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov i dr. // zayavka No. 2023124750 ot 27.09.2023.

