

УДК 631.171

UDC 631.171

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ К ПОСЕВНЫМ РАБОТАМ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Щитов Сергей Васильевич
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN–код: 4944 –6871
email: shitov.sv1955@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Кривуца Зоя Фёдоровна
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN–код: 6124 –5403
email: zfk20091@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Поликутина Елена Сергеевна
Кандидат технических наук
РИНЦ SPIN–код: 5782 –6936
email: e.polikytina@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Ермаков Денис Владимирович
Аспирант
РИНЦ SPIN–код: 8311–7830
email: denermakov00@gmail.com.
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Щитова Виктория Андреевна
Студент
РИНЦ SPIN–код: 6973 –8321
email: vikasitova814@gmail.com
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Ключевым моментом повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур является подготовка почвы к весенним работам. Боронование почвы является одним из основных агротехнологических этапов подготовки почвы к посевным работам. Необходимость проведения боронования обуславливается сохранением влажности почвы в связи с интенсивным испарением её через образовавшиеся трещины из-за

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

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOIL PREPARATION FOR SOWING IN THE SPRING

Shchitov Sergey Vasilyevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN–code: 4944–6871
email: shitov.sv1955@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Krivutsa Zoya Fedorovna
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN–code: 6124–5403
email: zfk20091@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Polikutina Elena Sergeevna
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN–code: 5782–6936
email: e.polikytina@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Ermakov Denis Vladimirovich
Graduate
RSCI SPIN code: 8311–7830
email: denermakov00@gmail.com .
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Shchitova Victoria Andreevna
Student
RSCI SPIN–code: 6973 –8321
email: vikasitova814@gmail.com
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

One of the key points of increasing the yield of cultivated crops is to prepare the soil for spring work. Soil harrowing is one of the main agrotechnological stages of preparing the soil for sowing. The need for harrowing is caused by the preservation of due to its intensive evaporation through the cracks formed because of drying. This type of work contributes to: – improvement of the condition of the fertile soil layer due to its loosening; – crushing of formed lumps from

пересыхания. Данный вид работ способствует: – улучшению состояния плодородного слоя почвы за счёт его рыхления; – измельчению образовавшихся комьев от предыдущих операций; – улучшению аэрации. После данной агротехнологической операции почва обретает такое необходимое физическое свойство как пористость, способствующая лучшему доступу воздуха. Особенno этот вид агротехнологической операции важен в тех регионах, где подготовку почвы к весенним посевным работам невозможно осуществить сразу после уборки урожая по ряду специфических причин. В этих сложившихся условиях подготовку почвы к весенним работам проводят непосредственно перед посевными работами. С целью повышения урожайности и поддержания плодородности почвы широкое применение получили тяжёлые дисковые бороны и дисковаторы. При их использовании обеспечивается: – уничтожение сорняков; – улучшение влагоудерживающих свойств почвы; – повышение её аэрации; – структурного состава; – снижение сроков её подготовки к посевным работам; – заделка остатков от предыдущей культуры; – разрыхление верхнего плодородного слоя почвы; – выравнивание её поверхности. Это особенно важно при проведении посевных работ и дальнейшем уходе за посевами и уборки урожая. Исходя из вышеизложенного в условиях, когда подготовка почвы происходит непосредственно перед посевными работами, а также с целью снижения энергозатрат наиболее приемлемым является использование тяжёлых дисковых борон. Проведенные исследования показали, что в условиях Амурской области использование тяжелых дисковых борон будет особенно актуально для крестьянско-фермерских хозяйств с небольшой посевной площадью. В связи с тем, что почвы представляют собой тяжёлый суглинок, возникает необходимость адаптации данных сельскохозяйственных агрегатов, а именно: – оптимизация силовых нагрузок на опорные поверхности энергетического средства; – оптимизация силовых нагрузок на рабочие органы почвообрабатывающего орудия

Ключевые слова: БОРОНОВАНИЕ, ПОЧВА, ТЯЖЁЛАЯ ДИСКОВАЯ БОРОНА, ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ТРАКТОР

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-215-025>

previous operations; – improvement of aeration. After this agrotechnological operation, the soil acquires such a necessary physical property as porosity, which contributes to better air access. This type of agrotechnological operation is especially important in those regions where it is impossible to prepare the soil for spring sowing after harvesting. Under these conditions, soil preparation for spring work is carried out immediately before sowing. In order to increase yield of the soil and maintain soil fertility, heavy disc harrows and discatators are widely used. The usage of such agricultural implement provides: – weed eradication; – improvement of the moisture-retaining properties of the soil; – increasing of its aeration; – structural composition; – reducing the time required to prepare it for sowing; – sealing the remnants of the previous crop; – loosening of the upper fertile soil layer; – leveling its surface. This is especially important in carrying out sowing operations and further care of crops and harvesting. Based on the above, in conditions where soil preparation does not take place immediately before sowing and in order to reduce energy consumption, the usage of heavy disc harrows is the most acceptable for these purposes. The conducted studies have shown that in the Amur region, the use of heavy disc harrows will be especially important for peasant farms with a small acreage. Due to the fact that the soils are heavy loam, it becomes necessary to adapt these agricultural aggregates in several ways: –optimizing of power loads on the supporting surfaces of the energy vehicle; – optimizing of power loads on the working organs of the tillage tool

Keywords: HARROWING, SOIL, HEAVY DISC HARROW, SOIL PREPARATION POWER TOOL, TRACTOR

Введение.

При проведении работ, связанных с подготовкой почвы к посевным работам, одним из главных вопросов, является энергосбережение [1].

<http://ej.kubagro.ru/2026/01/pdf/25.pdf>

Решить данную проблему возможно за счёт адаптации используемых для этих целей сельскохозяйственных агрегатов применительно к данному региону [2-4], что в конечном итоге является важной и актуальной проблемой научных исследований, посвященных вопросам обработки почвы. При этом необходимо не забывать, что главным условием при подготовке почвы остается вопрос сохранения её плодородия [3-7]. Как показали исследования, тяжелые дисковые бороны нашли широкое применение при подготовке почвы к посевным работам. Для повышения эффективности использования данных почвообрабатывающих агрегатов при подготовке почвы одним из направлений является оптимизация силовых нагрузок на движители энергетического средства (трактора) и рабочие органы бороны [8-10].

При использовании тяжёлых дисковых борон для подготовки почвы к посевным работам очень важно сделать правильный выбор при их подборе.

Это особенно важно для небольших крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ), так как они не могут себе позволить иметь несколько видов бороновальных агрегатов по причине финансовых трудностей. В связи с этим при выборе бороновального агрегата необходимо учитывать следующие факторы (Рисунок 1):

– механический состав почвы:

– легкие песчаные и супесчаные почвы – легкие и средние бороновальные машины;

– тяжелые суглинистые и глинистые почвы, или почвы с высокой влажностью – бороны дисковые тяжелые с фигурными вырезами на дисках, для снижения площади соприкосновения и налипания почвы;

– возделываемая площадь и рельеф:

– до 500 га и сложный рельеф – ширина захвата бороны до 4,2м;

– площадь до 1000 га – ширина захвата бороны 5,2...8,2 м;

- площадь от 1000 га до 1500 га – ширина захвата бороны 8,2...10,2 м;
- площадь свыше 1500 га – ширина захвата свыше 10,2 м
- вид возделываемой сельскохозяйственной культуры;
- энергетическое средство (трактор) используемое для этих целей.

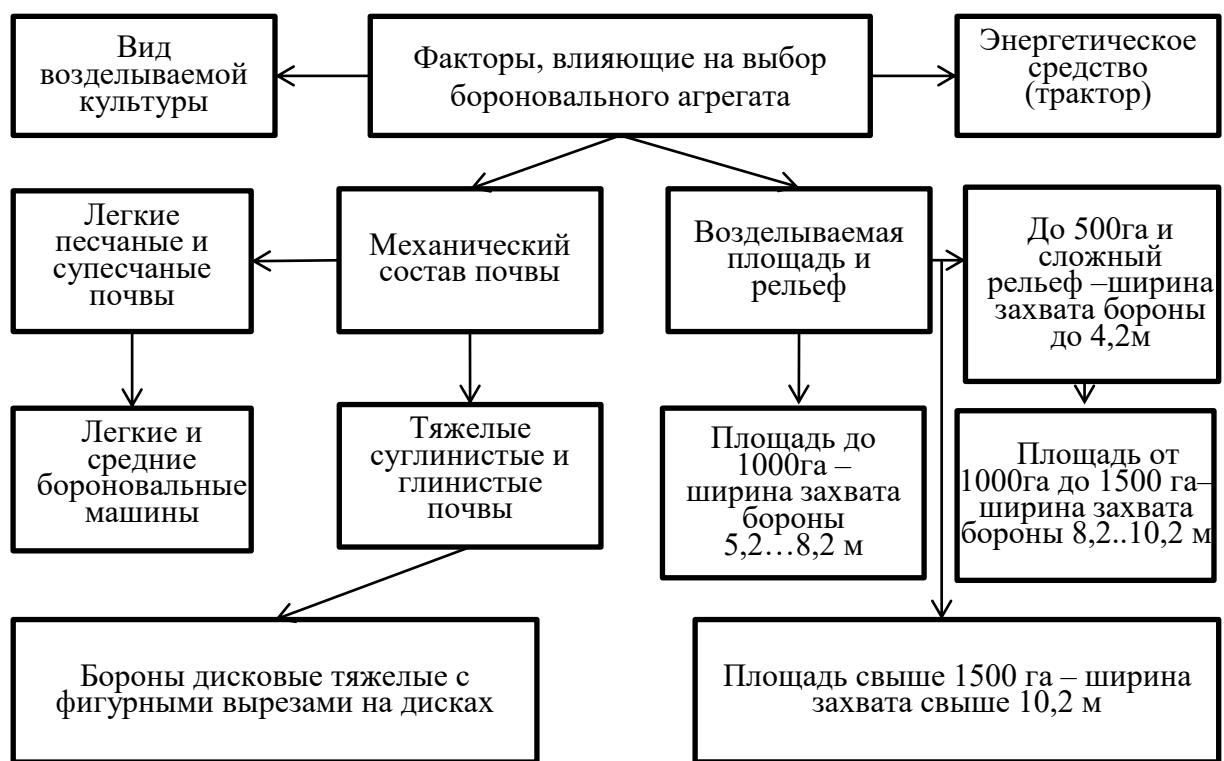


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на выбор бороновального агрегата

Исходя из анализа факторов, влияющих на выбор бороновального агрегата в условиях Амурской области, для КФХ с площадью не более 500га наиболее приемлемым вариантом является борона дисковая тяжёлая БДТ-3:

- основное энергетическое средство тракторы класса 1,4...2;
- почвы тяжелые суглинистые и глинистые почвы;
- вид возделываемой сельскохозяйственной культуры (соя или зерновые).

Для более эффективного использования бороновального агрегата, состоящего из трактора класса 1,4...2, предлагаются технические решения,

направленные на регулирование силовой нагрузки на опорные поверхности трактора и рабочие органы бороны [11,12].

Материалы и методы.

Цель проводимых исследований: повышение эффективности использования бороновального агрегата состоящего из трактора класса 1,4...2 и тяжёлой дисковой бороны БДТ–3 за счёт оптимизации силовой нагрузки на опорные поверхности трактора и рабочие органы агрегата.

Задача исследований – выявить влияние конструктивно-технологических факторов предлагаемого технического решения на распределение силовых нагрузок в бороновальном агрегате.

Экспериментальные исследования были проведены непосредственно в производственных условиях. Объектом исследований был взят трактор Беларус 82.1, оснащенный усовершенствованной бороной БДТ–3 (Рисунок 2).

Экспериментальные исследования силовой нагрузки объекта проводились при помощи электронных весов (Рисунок 3).



Рисунок 2– Общий вид объекта исследований



Рисунок 3 – К определению силовой нагрузки на адаптированную дисковую борону БДТ–3

Установлено авторами [9, 10], что на распределение силовой нагрузки в машинно–тракторном агрегате (МТА) с адаптированной дисковой бороной БДТ–3, выполняющую агротехнологическую операцию, связанную с подготовкой почвы, оказывают влияние его конструктивно–технологические параметры. Одним из таких параметров является угол наклона рамы бороны относительно горизонта (Рисунок 4).

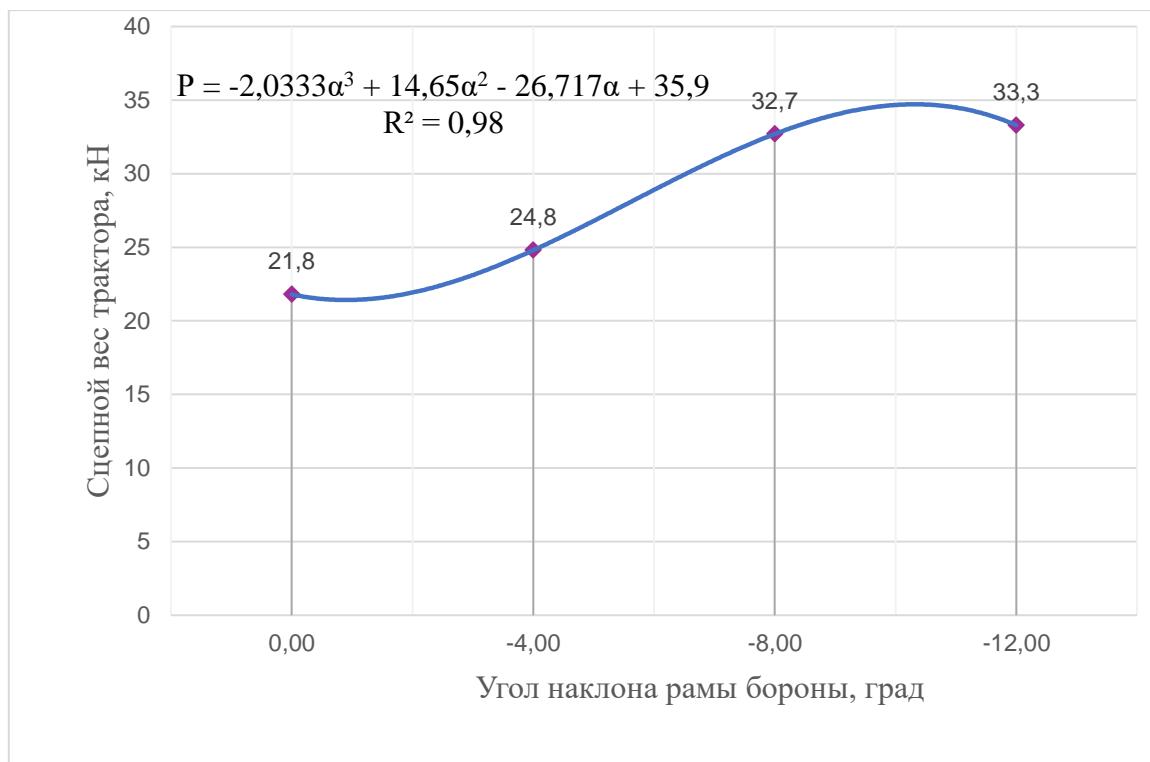


Рисунок 4— Влияние угла наклона рамы бороны относительно горизонта на сцепной вес трактора

При изменении угла наклона рамы бороны относительно горизонта при работе устройства сцепной вес задней ведущей опорной поверхности трактора увеличивается в соответствии с рисунком 4 за счёт частичного использования, как веса самой бороны, так и веса, приходящегося на передние опорные поверхности трактора. Экспериментальные исследования показали, что при достижении нагрузки (сцепного веса) выше 32 кН происходит отрыв передних управляемых колёс от поверхности, что в конечном итоге недопустимо в связи с потерей управляемости. Для обоснования наиболее оптимальных конструктивно–технологических параметров модернизированного МТА на распределение силовой нагрузки был проведен многофакторный эксперимент.

С целью определения влияния конструктивно–технологических параметров разработанного устройства на силовую нагрузку, возникающую на задние движители трактора, построены и

проанализированы эмпирические полиномиальные математические модели второго порядка, удовлетворяющие критериям ортогональности.

При трех сериях опытов с помощью ортогонального центрального композиционного эксперимента установили влияние конструктивно–технологических факторов (таблица 1):

$x_1 - \alpha$ – угол наклона рамы борона, град;

$x_2 - v$ – скорость движения, м/с;

$x_3 - h$ – глубина обработки почвы, см.

Результирующей функцией:

$Y_1 - P$ – силовая нагрузка на задние движители трактора.

Таблица 1 – Условия проведения опытов при ортогональном центральном композиционном эксперименте

Факторы	x_1	x_2	x_3
Верхний уровень (+1)	8	2,6	21
Основной уровень (0)	4	2,4	18
Нижний уровень (-1)	0	2,2	15

Гипотезу об однородности дисперсии проверяли с помощью критерия Кохрена. Статистическую значимость коэффициентов регрессии оценивали по критерию Стьюдента. Адекватность математической модели проверяли по F – критерию Фишера. Статистическая обработка полученных результатов рандомизированных опытов позволила получить уравнение регрессии

$$Y(X_1, X_2, X_3) = b'_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + \\ + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2. \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Y(X_1, X_2, X_3) &= 22,79179 + 0,546849X_1 + 0,871738X_2 \\ &+ 0,781849X_3 + \\ &0,011667X_1X_2X_3 + 0,644941X_2^2 + 1,242893X_3^2. \end{aligned} \quad (2)$$

В раскодированном виде уравнение (1) принимает вид

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{\alpha - 4}{4} = 0,25\alpha - 1; \\ X_2 &= \frac{\nu - 2,4}{0,2} = 5\nu - 12; \\ X_3 &= \frac{h - 18}{3} = 0,33h - 6. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} P(\alpha, \nu, h) &= 22,79179 + 0,546849(0,25\alpha - 1) + 0,871738(5\nu - 12) \\ &+ 0,781849(0,33h - 6) + \\ &0,011667(0,25\alpha - 1)(5\nu - 12)(0,33h - 6) + 0,644941(5\nu - 12)^2 \\ &+ 1,242893(0,33h - 6)^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Проведя ряд математических преобразований уравнение (4) принимает вид

$$\begin{aligned} P(\alpha, \nu, h) &= 145,9 - 75,45\nu + 0,04\nu\alpha h + 16\nu^2 + 0,135h^2 - \\ &- 0,0165h\nu + 0,99h\alpha. \end{aligned} \quad (5)$$

При фиксированном значении угла наклона рамы бороны $\alpha = 4$ град силовая нагрузка на задние движители трактора определяется уравнением (6)

$$P(\nu, h) = 151,2 + 16\nu^2 - 75,45\nu + 0,143\nu h - 4,96h + 0,135h^2 \quad (6)$$

Графическая визуализация уравнения (6) представлена на рисунке 5.

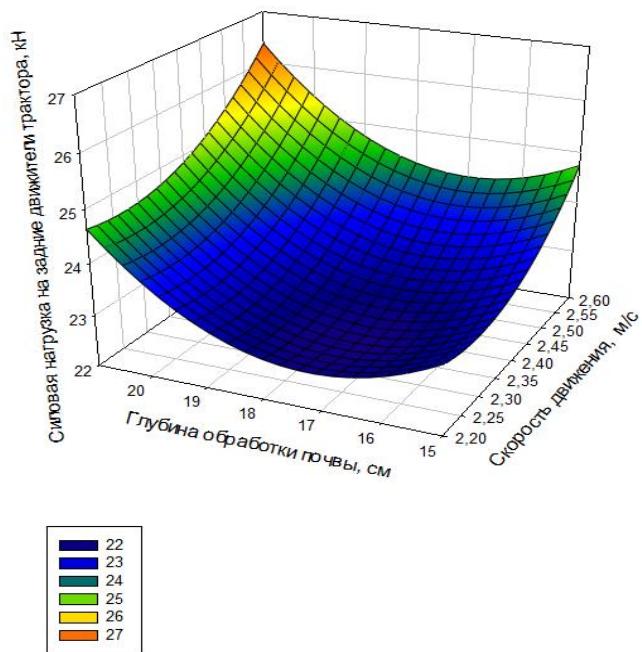


Рисунок 5 – Поверхность отклика силовой нагрузки на задние движители трактора при фиксированном значении угла наклона рамы бороны $\alpha = 4$ град от скорости движения и глубины обработки почвы

Экспериментальные исследования показали (Рисунок 5), что наибольшее увеличение нагрузки на задние движители трактора фиксируется при скорости движения 2,55 м/с и может превышать исходное значение на 18%. Увеличение глубины обработки почвы в заданном диапазоне позволяет повышать силовую нагрузку на задние движители трактора от 22,6 кН до 25,4 кН. Одновременное увеличение действующих факторов приводит к повышению силовой нагрузки на задние движители трактора до 22,9%.

Силовая нагрузка на задние движители трактора при фиксированном значении скорости движения ($v = 2,4$ м/с) имеет зависимость (7)

$$P(\alpha, h) = 56,98 + 0,096\alpha h + 0,135h^2 - 0,0396h + 0,99h\alpha. \quad (7)$$

Геометрическая интерпретация уравнения (7) представлена на рисунке 6.

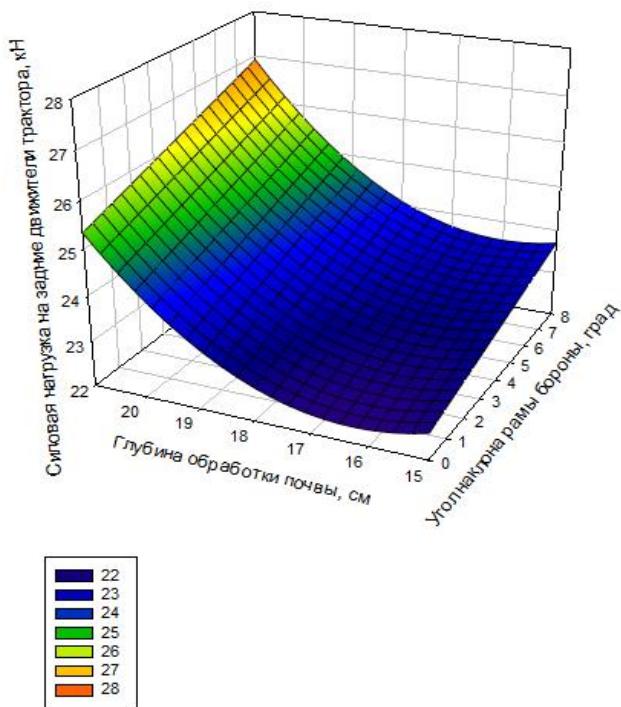


Рисунок 6– Поверхность отклика силовой нагрузки на задние движители трактора при фиксированном значении скорости движения ($v = 2,4$ м/с) от угла наклона рамы бороны и глубины обработки почвы

При фиксированной скорости движения эксплуатация предлагаемого устройства позволяет увеличить силовое воздействие на задние движители трактора – 22,4 кН до 25,5 кН при изменении глубины обработки почвы от 15 см до 21 см. Повышение угла наклона рамы бороны в исследуемом интервале имеет параболическую зависимость и позволяет увеличить силовую нагрузку на задние движители трактора до 19%.

Уравнение регрессии силовой нагрузки на задние движители трактора при фиксированном значении глубины обработки почвы ($h = 18$ см) имеет вид

$$P(\alpha, v) = 85,64 + 0,0022\alpha v - 79,35v + 16v^2 + 0,192\alpha. \quad (8)$$

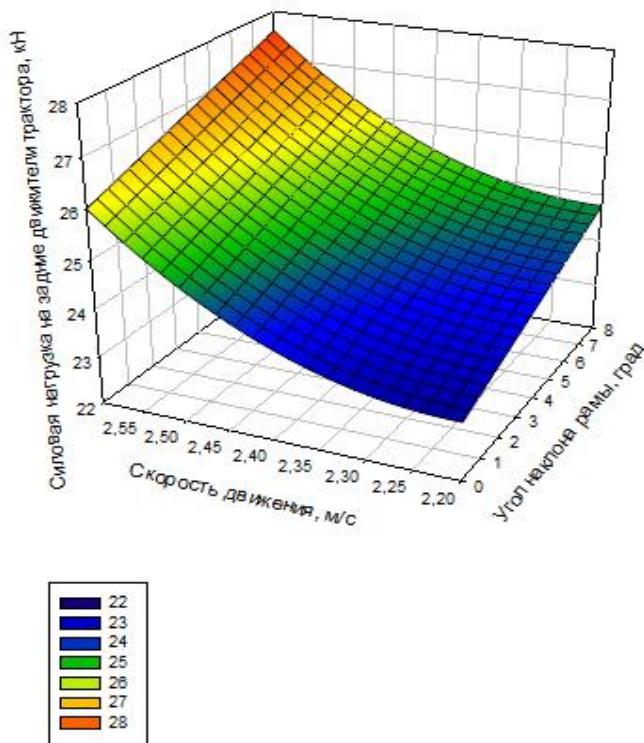


Рисунок 7– Поверхность отклика силовой нагрузки на задние движители трактора при фиксированном значении глубины обработки почвы ($h = 18$ см) от угла наклона рамы бороны и скорости движения

Анализируя полученные данные, необходимо отметить, что при фиксированном значении глубины обработки почвы увеличение скорости движения до 2,6 м/с позволяет повысить нагрузку на задние движители трактора на 11% и регулировать глубину обработки почвы в заданном диапазоне.

Заключение.

В результате производственной проверки получены следующие результаты:

—применение предлагаемого устройства даёт возможность изменять силовую нагрузку на задние движители трактора в диапазоне от 22 кН до 27,4 кН;

- использование предлагаемого устройства дает возможность регулировать глубину обработки почвы в зависимости от возделываемой культуры и физико-механических свойств почвы;
- максимальная силовая нагрузка на задние движители трактора достигает 27,4 кН при совместном увеличении угла наклона рамы бороны до 8 град и повышении скорости движения трактора до 2,6 м/с.

Список использованной литературы

1. Kuvachov V. Experimental research into new harrowing unit based on gantry agricultural implement carrier/ Kuvachov V. et al. // Agronomy Research 19(1), 126–135, 2021 <https://doi.org/10.15159/AR.20.239>
2. Соколов Н.М. Влияние конструктивных и режимных параметров рабочих органов на энергетические показатели почвообрабатывающего орудия/ Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов, П.А. Покусаев // Аграрный научный журнал. 2024. –№ 5. – С. 147–153. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp147-153. EDN: NGFITJ.
3. Раднаев Д.Н. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства/Д.Н. Раднаев, З.Ю. Стрекаловская, А.И. Неустроева, А.В. Спириdonova // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. – № 6. – С. 270-272. EDN: LFYSDQ.
4. Щитов С.В. Результаты производственной проверки работы бороновального агрегата с установленным корректором – распределителем сцепного веса / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, В.Г. Евдокимов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. – № 1 (111). – С. 67-73. EDN: HPBFFM
5. Беляев В.И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае/ В.И. Беляев, Л.В. Соколова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. – № 4(162). – С. 5–12. EDN: XMZPZZ.
6. Шишлов С.А. К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке /С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, Д.С. Шишлов// Дальневосточный аграрный вестник. 2024. – Т. 18. № 1. – С. 99 –104. DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104. EDN IGBPEL.
7. Беляев В.И. Влияние основной обработки почвы на запасы почвенной влаги перед посевом яровых культур в различных агроклиматических условиях/ В.И. Беляев, В.Н. Кузнецов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. –№ 1 (243). – С. 49–56. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56. EDN: AYPYZQ.
8. Cirujeda A. Relationship between speed, soil movement into the cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing/A. Cirujeda, B. Melander, K. Rasmussen, I. A. Rasmussen// First published: 21 July 2003 <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00345.x>
9. Щитов С.В. Влияние конструктивно-технологических параметров «корректора-распределителя сцепного веса» на распределение нагрузки бороновального агрегата/ С.В.

Щитов, З.Ф. Кривуца, С. Н. Воякин, Е. С. Поликутина, В.В. Леонов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. – № 1. – С. 34 –39. EDN: FDQWBL.

10. Леонов В.В. Улучшение тягово-цепных свойств бороновального машинно-тракторного агрегата/ Леонов В.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. – № 199. – С. 69–81. DOI: 10.21515/1990-4665-199-008. EDN: QIKYLE.

11. Пат. №2821900 С1 Российская Федерация А01В 21/00. Распределяющее–догружающее устройство для прицепной рамной бороны / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» – № 2023131290; заявл. 30.11.2023; опубл. 27.06.2024, Бюл. № 18. –3с: ил. EDN: LCJSCM.

12. Пат. № 2812473 С1 Российская Федерация А01В 71/02. Догрузочно – распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны, патент на изобретение /Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» – № 2023124750; заявл. 27.09.2023; опубл. 30.01.2024, Бюл. № 4. –3с: ил. EDN: TEEFBC.

References

1. Kuvachov V. Experimental research into new harrowing unit based on gantry agricultural implement carrier/ Kuvachov V. et al. // Agronomy Research 19(1), 126–135, 2021 <https://doi.org/10.15159/AR.20.239>
2. Sokolov N.M. Vliyanie konstruktivnyx i rezhimnyx parametrov rabochix organov na energeticheskie pokazateli pochvoobrabatyvayushhego orudiya/ N.M. Sokolov, S.B. Strel'czov, P.A. Pokusaev // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2024. – № 5. – S. 147–153. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp147-153. EDN: NGFITJ.
3. Radnaev D.N. Kompleksnaya mehanizaciya sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva/D.N. Radnaev, Z.Yu. Strekalovskaya, A.I. Neustroeva, A.V. Spiridonova // Nauchno-texnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2023. – № 6. – S. 270-272. EDN: LFYSDQ.
4. Shhitov S.V. Rezul'taty proizvodstvennoj proverki raboty boronoval'nogo agregata s ustanovlennym korrektorem – raspredelitelem scepnnogo vesa / S.V. Shhitov, Z.F. Krivucza, V.G. Evdokimov i dr. // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. – № 1 (111). – S. 67-73. EDN: HPBFFM
5. Belyaev V.I. Perspektivnye agrotexnologii proizvodstva zerna v Altajskom krae/ V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. – № 4(162). – S. 5–12. EDN: XMZPZZ.
6. Shishlov S.A. K voprosu deformacionno-e`nergeticheskoy ocenki sostoyaniya pochvy pri obrabotke /S.A. Shishlov, A.N. Shishlov, D.S. Shishlov// Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik. 2024. – T. 18. № 1. – S. 99 –104. DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104. EDN IGBPEL.
7. Belyaev V.I. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na zapasy pochvennoj vлаги pered posevom yarovyx kul'tur v razlichnyx agroklimaticeskix usloviyah/ V.I. Belyaev, V.N. Kuznecov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. –№ 1 (243). – S. 49–56. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56. EDN: AYPPZQ.

8. Cirujeda A. Relationship between speed, soil movement into the cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing/A. Cirujeda, B. Melander, K. Rasmussen, I. A. Rasmussen// First published: 21 July 2003 <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00345.x>

9. Shhitov S.V. Vliyanie konstruktivno-texnologicheskix parametrov «korrektora-raspredelitelya scepnnogo vesa» na raspredelenie nagruzki boronoval'nogo agregata/ S.V. Shhitov, Z.F. Krivucza, S. N. Voyakin, E. S. Polikutina, V.V. Leonov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2025. –№ 1. – S. 34 –39. EDN: FDQWBL.

10. Leonov V.V. Uluchshenie tyagovo-scepnyx svojstv boronoval'nogo mashinno-traktornogo agregata/ Leonov V.V., Shhitov S.V., Kuzneczov E.E., Krivucza Z.F., Polikutina E.S./ Politematiceskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. – № 199. – S. 69–81. DOI: 10.21515/1990-4665-199-008. EDN: QIKYLE.

11. Pat. №2821900 S1 Rossijskaya Federaciya A01B 21/00. Raspredelyayushhee-dogrughayushhee ustrojstvo dlya pricepnoj ramnoj borony` / Kuzneczov E.E., Shhitov S.V. i dr.; zayavitel` i patentoobladatel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel`noe uchrezhdzenie vy`sshego obrazovaniya «DALbNEVOSTOChNY`J GOSUDARSTVENNY`J AGRARNY`J UNIVERSITET» – № 2023131290; zayavl. 30.11.2023; opubl. 27.06.2024, Byul. № 18. –3s: il. EDN: LCJSCM.

12. Pat. № 2812473 S1 Rossijskaya Federaciya A01B 71/02. Dogruzochno – raspredelyayushhee ustrojstvo dlya pricepnoj ramnoj diskovoj borony`, patent na izobretenie /E.E. Kuzneczov, S.V. Shhitov i dr.; zayavitel` i patentoobladatel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel`noe uchrezhdzenie vy`sshego obrazovaniya «DALbNEVOSTOChNY`J GOSUDARSTVENNY`J AGRARNY`J UNIVERSITET» – № 2023124750; zayavl. 27.09.2023; opubl. 30.01.2024, Byul. № 4. –3s: il. EDN: TEEFBC.