

УДК 631.514

DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-19

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РОТАЦИОННОЙ ЗУБОВОЙ БОРОНЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТРАВ

**Кудрявцев Андрей Васильевич**, к.т.н., доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: akud@tvgsha.ru

**Бабаев Шахлар Махмудович**, д.т.н., профессор, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет

E-mail: shaxlaraqromexanika@mail.ru

**Морозов Павел Вячеславович**, аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: pasha.morozow-rzew@yandex.ru

**Туманов Иван Владимирович**, аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: relent27@yandex.ru

**Голубев Вячеслав Викторович**, д.т.н., заведующий кафедрой технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: vgolubev@tvgsha.ru

**Васильев Александр Сергеевич**, к.с.-х.н., заведующий кафедрой технологий производства, переработки и хранения продукции растениеводства, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: vgolubev@tvgsha.ru

**Васильева Людмила Юрьевна**, старший преподаватель кафедры ветеринарии, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

E-mail: vgolubev@tvgsha.ru

**Аннотация:** Проблема луговодства в условиях ввода залежных земель предполагает обязательную технологическую операцию качественной подготовки почвы под посев. Подготовка почвы, так же как и борьба с сорной растительностью возможно наиболее экологичным методом - агротехническим, ввиду использования лугов при производстве кормовой базы для животноводства.

**Ключевые слова:** луговодство, травы, ввод залежных земель, обработка почвы, ротационная борона, каток, зубья

Успешность качественного возделывания сеянных трав на введённых в севооборот залежных землях [1], зависит не только от качества высеваемого материала [2], принятых агротехнологий [3], но и правильно выбранных характеристик рабочих органов [4, 5, 6], орудий [7] и в целом машинно-тракторного агрегата [8]. На основании выполненных аналитических исследований [9], многолетних полевых экспериментов [10], выполняемых в 2016...2020 гг. по взаимодействию рабочих органов с почвой при возделывании мелкосеменных культур (клевер красный, лён-долгунец, тимофеевка луговая, рыжик и др.) одним из недостатков является забивание рабочих органов сорной растительностью и почвой.

В соответствии с планом научно – исследовательской работы кафедры технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, в рамках научной темы («Разработка адаптивных технологий выращивания льна-долгунца на дерново-подзолистых почвах в условиях ввода залежных земель в эксплуатацию, АААА-А18-118083090015-8») утверждена программа и методика проведения лабораторно – полевых исследований рабочих органов при введении залежных земель в сельскохозяйственный оборот.

Для возможного исключения негативного эффекта забивания рабочих органов существует несколько основных направлений – агротехническое, химическое и биологическое. Одним из экологически безопасных является применение конструктивных отличий самих рабочих органов – форма рабочей поверхности, упругие стойки, вибрация, дополнительные чистики и т.д. На кафедре технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО совместно с кафедрой «Теоретическая механика и графика» выполнены испытания макетного образца изготовленной ротационной бороны, исключающей наличие спиц, соединяющих наружную (уплотняющую часть) с осью вращения. Рабочая поверхность имеет возможность быстросъёмного соединения зубьев различной в поперечном сечении зубьев.

Для определения оптимальных режимов работы предложенной конструкции ротационной бороны [11] задачами исследования являлось установление технологических режимов – кинематического режима, удельной нагрузки зуба на почву, а также конструктивных характеристик – форма зуба и его геометрические параметры, шаг расстановки зубьев и скорость перемещения на качество подготовки почвы под посев мелкосеменных культур – клевера красного и тимофеевки луговой.

Принимается, что фактор  $\Gamma$  – скорость имеет следующие уровни варьирования – 2,20; 2,50; 2,80 м/с, а фактор  $D$  – масса балласта, изменяющая удельную нагрузку на зуб, принимает значения от 0 до 12,0 кг с шагом значений в 6,0 кг. Кодирование значений исследуемых уровней варьирования отражено в таблице 1, где средние и предельные значения отмечены соответствующими кодами: (-1), (0) и (+1).

Основными откликами взаимодействия ротационной бороны с почвой являлись выравнивание и засорённость поверхности почвы в динамике.

Вместе с тем исследовалась полевая всхожесть, динамика вегетационного развития, а также урожайность возделываемых сеянных культур – трав, льна-долгунца.

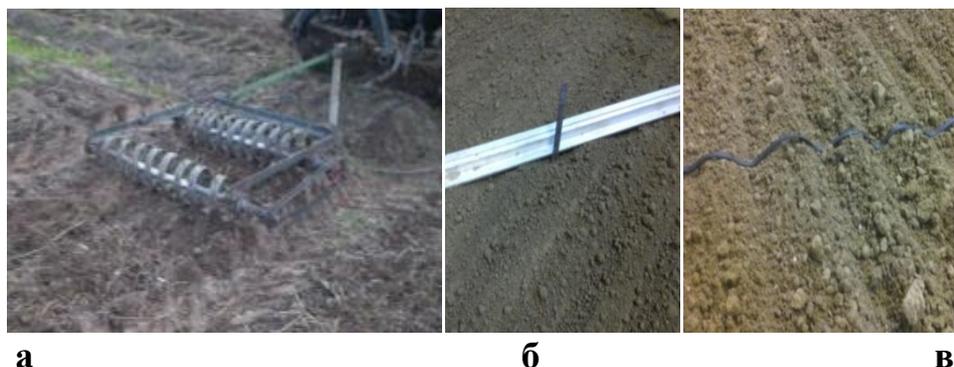
Для предварительного определения технологических режимов работы, на основании опытных данных, полученных в лабораторных условиях [11, 12], испытаны макетные образцы на различных агрофонах, созданных искусственно.

**Таблица – Матрица планирования  
полнофакторного эксперимента ПФЭ 3<sup>3</sup>**

Исследуемые факторы	Уровни варьирования			Отклик			Результаты статистической обработки
	-1	0	+	Г (В)	С	Пв	
(А) Тип зубьев по площади поперечного сечения, см <sup>2</sup>	2,0	2,5	3				Среднее арифметическое
(Б) Шаг зубьев, мм	100	150	200				Коэффициент вариации
(В) Кинематический режим работы бороны, ед.	0,9	1,0	1,1				Дисперсия эксперимента
(Г) Скорость перемещения бороны, м/с	2,2	2,5	2,8				Критерий Стьюдента
(Д) Удельная нагрузка на зуб бороны, Н/зуб	20	40	60				Критерий Фишера

В последующем, перед подготовкой к полевым испытаниям опытный образец настроен и отрегулирован на исходные условия работы с учётом засорённости на поверхности и фактического агрофона, соответствующего культивации на различную глубину обработки почвы (12 см, 14 см, 16 см) (Таблица).

Перед началом эксперимента определены показатели условий испытаний в соответствии с [13]: тип почвы, твёрдость, выраженность рельефа, наличие сорной растительности в процентном соотношении. При проведении опытов предусмотрено определение показателей качества после технологической операции боронования (рисунок 1, а). Определяются следующие показатели качества при бороновании: крошение почвы, характеризуемый коэффициентом структурности К, степень подрезания сорных растений С, гребнистость поверхности почвы Г (выравненность В) и уплотнение поверхности почвы. Выравненность – минимальное значение неровностей поверхности почвы, которая определяется по изменению длины шнура, относительно линейного состояния (Рисунок 1).



**а** **б** **в**  
**Рисунок 1 – Измерение гребнистости (б) и выравненности (в) поверхности**

После контроля исходных свойств поверхностного горизонта почвы в десяти точках по методике [14, 15] устанавливается необходимый комплект рабочих органов выравнивателей различной формы. Подрезание сорных растений  $C$  определяются по числу неподрезанных растений на учётной площадке, которая выделяется рамкой площадью  $0,2 \text{ м}^2$  в пределах одного следа прохода бороны, соответствующего одному из вариантов опыта. На площадке подсчитывается число сорных растений до прохода машины и оставшихся после прохода машины, рассчитывая  $C$

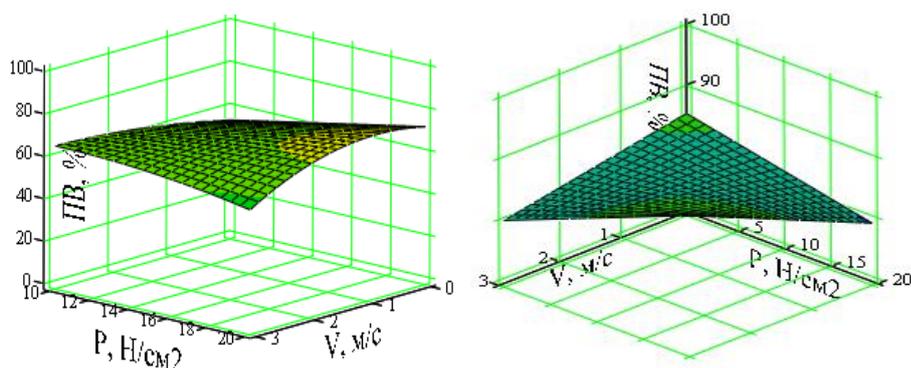
$$C = \frac{C_{\text{дн}} - C_{\text{пн}}}{C_{\text{дн}}} \cdot 100, \%$$

где  $C_{\text{дн}}$  – сорные растения на учётной деланке до прохода машины, шт.;  
 $C_{\text{пн}}$  – сорные растения после прохода машины, шт.

Установлено, что при работе плоской бороны глубина заделки семян трав имеет значение более  $2...5 \text{ см}$  на всех режимах её работы. Отмечается, что при увеличении поступательной скорости и удельной нагрузки плоской бороны происходит снижение глубины заделки с  $5,2$  до  $3 \text{ см}$ . При дальнейшем возрастании скорости перемещения глубина заделки снизится, для чего необходимо повышение скорости до транспортной, что влечет снижение качества предпосевной обработки почвы под мелкосеменные культуры в целом.

При работе ротационной бороны отмечается равномерное распределение семян клевера по глубине почвенного профиля. Среднее значение глубины составило  $2,1 \text{ см}$ . При этом отмечается значительная степень влияния скоростных режимов работы бороны, при увеличении которых уменьшается глубина заделки семян до  $1...1,25 \text{ см}$ . Увеличение удельной нагрузки приводит к повышению глубины заделки в небольших пределах. При возрастании удельной нагрузки до  $20 \text{ Н/см}$ , при фиксированном значении остальных исследуемых факторов, наблюдается увеличение глубины заделки семян трав до  $1,80...1,82 \text{ см}$ .

Как отмечалось ранее, откликами при проведении полевых исследований являлась полевая всхожесть семян сеяных трав в зависимости от режимов работы плоской и ротационной борон (Рисунок 2).



**Рисунок 2 – Результаты сравнительных испытаний плоской и ротационной борон**

При проведении анализа материалов исследований отмечается значительное влияние исследуемых факторов на полевую всхожесть семян. Анализ графических зависимостей и регрессионных уравнений зависимости полевой всхожести от исследуемых факторов, составленных по результатам полученных данных, позволил установить, что наиболее значимым фактором при проведении предпосевной обработки почвы под клевер красный является удельная нагрузка и скорость.

В качестве вывода отмечается, что для технологии ввода залежных земель под сеяные травы рекомендуется использовать ротационную борону с комбинированными зубьями, позволяющими не только качественно осуществить подготовку поверхности почвы, удалить проросшие сорняки, но и качественно подготовить семенное ложе под посев сеяных трав. Повышение урожайности при этом составляет в среднем 7,2...7,5 % в сравнении с контролем.

### **Библиографический список**

1. Смирнов, А.А. Залежные земли // А.А. Смирнов, А.В. Кудрявцев, В.В. Голубев / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Научные приоритеты в АПК: инновации, проблемы, перспективы развития». – Тверь. – ТГСХА. – 2019. – С. 234 – 238.
2. ГОСТ 12036-85 Семена сельскохозяйственных культур. Правила приёмки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ. – 2011. – 14 с.
3. Васильев, А.С. Методика полевого опыта освоения залежных земель под полевые культуры // А.С. Васильев, Р.А. Ростовцев, А.В. Кудрявцев и др. / Сборник научных трудов по материалам XVII Международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». Брянск. – Брянский ГАУ – 2020. – С. 608 – 614.
4. Ротационная борона : пат. 2424641 Рос. Федерация : МПК<sup>10</sup> А 01 В 29/04, А 01 В 21/04 / Д.А. Голубев, В.В. Голубев, Д.М. Рула; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверская

- государственная сельскохозяйственная академия» (ФГОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»). – 2010109130/21; заявл. 12.03.2010 ; опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21. – 10 с.
5. Зуб бороны : пат. 92757 Рос. Федерация : МПК<sup>6</sup> А 01 В 23/02 / Д.А. Голубев, В.В. Голубев, Д.М. Рула ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»), государственное научное учреждение Всероссийский научно – исследовательский проектно – технологический институт механизации льноводства Россельхозакадемии (ГНУ ВНИПТИМЛ Россельхозакадемии). - № 2009142793/22 ; заявл. 19.11.2009 ; опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10. – 2 с.
  6. Каток почвообрабатывающий : пат. 2233571 Рос. Федерация : МПК<sup>7</sup> А 01 В 29/04, В.В. Голубев, В.В. Сафонов ; заявитель и патентообладатель Тверская ГСХА. – 2003112709/12 ; заявл. 06.05.2003; опубл. 01.08.2004, Бюл. № 21. – 5 с.
  7. Голубев, В.В. Блочно-модульный комбинированный адаптер БМКА – 3,0 // В.В. Голубев, Д.М. Рула, В.С. Коробкин / Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111. – № 1. – С. 121 – 123.
  8. Никифоров, М.В. Изменение удельного расхода топлива трактора от влияния выравнивателя в составе машинно-тракторного агрегата при предпосевной обработке почвы // М.В. Никифоров, В.В. Голубев, А.Н. Гальченко / Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 41-1. – С. 75 – 78.
  9. Кудрявцев, А.В. Лугопастбищная техника. Монография [Электронный ресурс] – Тверь. – Тверская ГСХА. – 2014. – 152 с.
  10. Голубев, В.В. Методика проведения агротехнического полевого опыта // В.В. Голубев, А.В. Кудрявцев, А.С. Фирсов и др./ Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 4. – С. 43-48.
  11. Громов, В.В. Результаты лабораторных исследований ротационного выравнивающего органа // В.В. Громов, П.В. Морозов, А.С. Васильев и др. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени» / Тверь. – Тверская ГСХА. – 2020. – С. 191 – 194.
  12. Голубев, В.В. Результаты лабораторных исследований ротационной бороны // В.В. Голубев, В.С. Андрощук, Д.А. Голубев. – Сборник научных трудов «Современные технологии агропромышленного производства». – Тверь. – Тверская ГСХА. – 2009. – С. 4 – 6.
  13. ГОСТ 20915 – 2011 – Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Стандартинформ. – 2013. – 27с.

14. Никифоров, М.В. Результаты полевого опыта предпосевной обработки почвы под посев льна – долгунца [Текст] / М.В. Никифоров, В.В. Голубев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев / Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева. - 2018. – № 4 (40). – С. 118 – 124.
15. Никифоров, М.В. Результаты проведения испытаний почвообрабатывающе – посевного агрегата для льна [Текст] / А.С. Фирсов, В.В. Голубев, И.В. Горбачёв и др. / Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (47). С. 113 – 117.

***Results of the study of the rotary tooth harrow in cultivation of herbs***

***Kudryavtsev A.V., PhD in Technical Sciences***

*Tver State Agricultural Academy*

*170904, Russia, Tver, Sakharovo, Vasilevsky, 7*

***Babaev S. M., D.Sc. in Engineering***

*Azerbaijan State Agrarian University*

*AZ2000, Azerbaijan, Ganja, Ataturk Avenue, 262*

***Morozov P.V., Postgraduate student***

***Tumanov I.V., Postgraduate student***

***Golubev V.V., D.Sc. in Engineering***

***Vasiliev A. S., PhD in Agricultural Sciences***

***Vasilieva L. Y., Senior Lecturer***

*Tver State Agricultural Academy*

*170904, Russia, Tver, Sakharovo, Vasilevsky, 7*

***Abstract:*** *The problem of meadow growing in the conditions of entering fallow lands presupposes a mandatory technological operation of high-quality soil preparation for sowing. Soil preparation, as well as the fight against weeds, is perhaps the most environmentally friendly method – agrotechnical, due to the use of meadows in the production of fodder for animal husbandry.*

***Keywords:*** *meadow cultivation, grasses, fallow land input, tillage, rotary harrow, roller, tines.*