

Научная статья

УДК 631.317

УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ МЕЖДУРЯДИЙ ЯГОДНИКОВ L-ОБРАЗНЫМ НОЖОМ

Виктор Николаевич Ожерельев, Виктор Николаевич Пиргунов

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Цель исследования заключается в выявлении специфических особенностей взаимодействия L-образного ножа с почвой междурядий ягодных кустарников при различной глубине обработки. Для этого была разработана экспериментальная установка, включающая смонтированное на продольной оси двуплечее коромысло, на нижнем конце которого закрепляли нож. Второй конец коромысла был соединен с динамометром, посредством которого его поворачивали, срезая стружку почвы по дугообразной траектории и фиксируя при этом максимальное тяговое усилие. Нож шириной захвата подрезающего лезвия равной 35 мм может быть закреплен по отношению к оси поворота коромысла в одном из четырех положений, обеспечивая за счет этого соответствующее варьирование максимальной глубины обработки h_{max} (150, 112,5, 75 и 37,5 мм). Каждый вариант опыта был выполнен в пятикратной повторности. При этом очередность проведения вариантов опыта была рандомизирована с помощью генератора случайных чисел. Эксперимент проводили в междурядье малины, поверхность которого за две недели до даты его проведения было подвергнуто обработке дисковой бороной. Полученные результаты были обработаны в программе *EXCEL* вследствие чего была выявлена математическая зависимость усилия резания от максимальной глубины обработки. Наиболее корректно ($R^2 = 0,8858$) аппроксимировать полученный тренд полиномом второй степени, поскольку по мере увеличения максимальной глубины обработки наблюдается непропорционально ускоренный рост усилия резания. Это обусловлено тем, что после прохода дисковой бороны средняя глубина обработки варьируется в пределах от 0,06 до 0,1 м, а дно борозды приобретает гребнистый характер.

Ключевые слова: фреза, нож, почва, дисковая борона, усилие резания, глубина обработки.

Для цитирования: Ожерельев В.Н., Пиргунов В.Н. Усилие резания почвы междурядий ягодников l-образным ножом // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 72-75.

Original article

EFFORT TO CUT SOIL OF BERRY FIELD INTERROWS WITH A L-SHAPED KNIFE

Viktor N. Ozherel'yev, Viktor N. Pirgunov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The aim of the research is to identify specific features of the interaction of an L-shaped knife with the soil between the rows of berry bushes at different tillage depths. For this purpose, an experimental installation was developed, including a double-armed rocker mounted on the longitudinal axis, at the lower end of which a knife was fixed. The second end of the rocker was connected to a dynamometer, by means of which it was rotated, cutting off soil chips along an arcuate trajectory and recording the maximum traction force. A knife with a cutting blade width of 35 mm can be fixed in relation to the rotation axis of the rocker in one of four positions, thereby providing a corresponding variation in the maximum tillage depth h_{max} (150, 112.5, 75 and 37.5 mm). Each experimental variant was performed in fivefold repetition. At the same time, the sequence of the experimental variants was randomized using a random number generator. The experiment was conducted in the space between raspberry rows, the surface of which was treated with a disc harrow two weeks before the date of the experiment. The obtained results were processed in the *EXCEL* program, as a result of which a mathematical dependence of the cutting force on the maximum tillage depth was revealed. It is most correctly ($R^2 = 0.8858$) to approximate the obtained trend with a second-degree polynomial, since as the maximum tillage depth increases, a disproportionately accelerated growth of the cutting force is observed. This is due to the fact that after the passage of the disc harrow, the average tillage depth varies from 0.06 to 0.1 m, and the bottom of the furrow acquires a ridged character.

Keywords: cutter, knife, soil, disc harrow, cutting force, tillage depth.

For citation: Ozherel'yev V.N., Pirgunov V.N. Effort to Cut Soil of Berry Field Interrows with a L-Shaped Knife // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. №6 (112) . pp.72-75

Введение. Переход на механизированную уборку ягод смородины требует содержания поперечного профиля поверхности междурядий в выровненном состоянии [1, 2]. Наиболее приемлемый результат обеспечивает совместное (поочередное) применение на ягодной плантации дисковой бороны и вертикальной фрезы [3, 4].

Если дисковая борона многие десятилетия используется в практическом ягодоводстве и ее параметры оптимизированы методом «проб и ошибок», то вертикальные фрезы являются относительно новыми машинами, конструкция которых пока далека от совершенства [5, 6]. В связи с этим актуальной задачей является более глубокое изучение особенностей взаимодействия рабочих органов фрезы с почвой в междурядьях ягодных культур. В частности, это касается более точного определения силы резания, действующей на *L*-образный нож в разных фазах его движения, что позволяет оптимизировать конструктивные параметры рабочих органов.

Материалы и методы. Для выполнения эксперимента была разработана и изготовлена экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

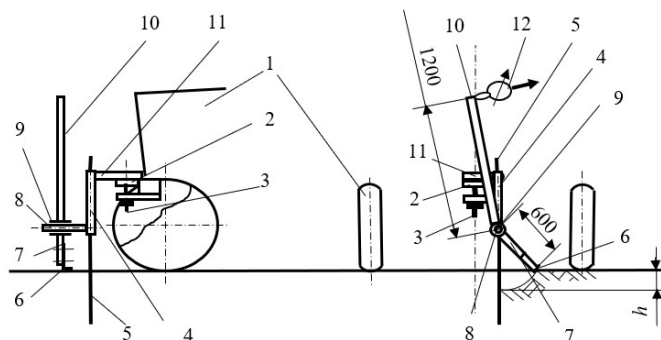


Рисунок 1 - Установка для измерения усилия резания почвы ножом *L*-образного типа:

1 - трактор; 2 - переднее буксирное устройство; 3 - винт; 4 - труба вертикальная; 5 - штырь; 6 - нож; 7 - держатель; 8 - ось; 9 - втулка; 10 - рычаг; 11 - рама; 12 - динамометр

Специфика конструкции экспериментальной установки обусловлена тем, что необходимо было, во-первых, обеспечить надежную базу, способную без видимых последствий воспринимать нагрузку, действующую на нож. Во-вторых, установка должна быть мобильной, так как на одной позиции возможен только один опыт.

В связи с этим за основу взяли трактор МТЗ-82.1 на переднем буксирном устройстве 2 которого смонтировали пространственную раму 11, включающую винт 3, вертикальную трубу 4 и продольную ось 8, на которой посредством втулки 9 устанавливали двуплечее коромысло, состоящее из рычага 10 и держателя 7. На последнем посредством двух болтов устанавливали в одном из возможных положений *L*-образный нож 6.

В держателе 1 (рисунок 2) было выполнено шесть отверстий диаметром 9 мм с расстоянием между ними 37,5 мм. В стойке ножа 2 на таком же расстоянии были выполнены три отверстия. Благодаря такой конструкции получали четыре варианта максимальной глубины обработки (150, 112,5, 75 и 37,5 мм).

В результате приложения усилия к динамометру 12 (рисунок 1) двуплечее коромысло поворачивается на оси 8 по часовой стрелке, вследствие чего нож 7 вырезает фрагмент почвы по дугообразной поверхности резания. Таким образом полностью имитируется работа горизонтальной фрезы и довольно близко к оригиналу - вертикальной фрезы с наклоном оси вращения ротора.

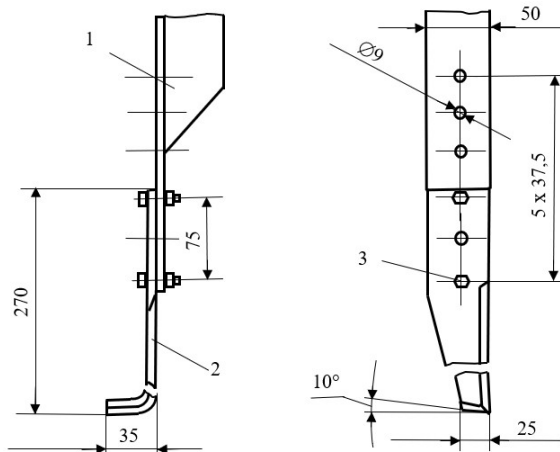


Рисунок 2 - Крепление *L*-образного ножа: 1 - держатель; 2 - нож; 3 - болтовое соединение

После выполнения каждого варианта опыта болтовые соединения 3 (рисунок 2) развинчивали и переставляли нож 2 в очередное положение согласно плану эксперимента. После перемещения трактора в очередную позицию, рамку 11 дополнительно фиксировали посредством штыря 5, пропущенного сквозь вертикальную трубу 4 и заглубленного в почву на 0,3 ... 0,4 м (рисунок 1). Затем на ось 8 монтировали двуплечее коромысло с ножом, закрепленным в очередной позиции, и опыт повторяли.

Поскольку текущие показания снимали с динамометра 12, то реальное усилие F на ноже получали путем пересчета с учетом соотношения по длины плеч коромысла (600/1200 мм).

Результат и его обсуждение. Первичные результаты эксперимента приведены в таблице 1. Они варьируются в широких пределах - от 49,05 до 941,76 Н.

Для корректной оценки степени разброса значений было выполнено суммирование результатов по серии опытов с одинаковой глубиной обработки, а затем они были отнесены к среднему в серии значению, что позволило перейти к относительным показателям. В результате расчета по стандартным формулам получили:

- среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,315$;
- коэффициент вариации результатов $\nu = 31,5\%$.

Коэффициент вариации получился достаточно большим, что обусловлено тем, что опыты проводили на реальной плантации, свойства почвы в междурядьях которой варьируются в широких пределах. Это объясняется, в частности, тем, что в зону резания попадали (или не попадали) корни сорняков. Кроме того, как уже отмечалось выше, при предшествующей обработке дисковой бороной профиль дна борозды получался гребнистым [7]. При попадании в зону резания гребня от предыдущей обработки усилие на ноже заметно возрастало.

Таблица 1. Первичные результаты эксперимента

№ опыта	h_{max} мм	Усилие F , Н	№ опыта	h_{max} мм	Усилие F , Н
1	150	588,6	11	75	225,63
2	150	745,56	12	75	235,44
3	150	784,8	13	75	235,44
4	150	941,76	14	75	333,54
5	150	941,76	15	75	215,82
6	112,5	313,92	16	37,5	58,86
7	112,5	372,78	17	37,5	49,05
8	112,5	431,64	18	37,5	215,82
9	112,5	588,6	19	37,5	156,96
10	112,5	372,78	20	37,5	117,72

Визуальная оценка приведенных в таблице 1 результатов свидетельствует о том, что правомерно предположение о наличии корреляции между глубиной обработки h_{max} и усилием резания F . Полученное в программе *Excel* уравнение регрессии и его графическая интерпретация приведены на рисунке 3.

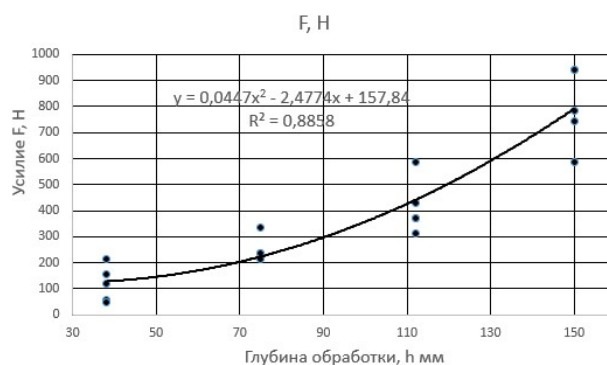


Рисунок 3 - Зависимость усилия резания F от глубины обработки h

Величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,8858$) свидетельствует о том, что гипотеза о криволинейности тренда подтвердилась. Его форма свидетельствует о том, что по мере роста глубины обработки h усилие резания F возрастает более стремительно. То есть, возрастание не пропорционально степени увеличения глубины обработки h . Это обусловлено, в частности, тем, что при предшествующей обработке междурядья дисковой бороной средняя глубина варьируется в пределах 0,06 ... 0,1 м. Кроме того, сказывается наличие под слоем относительно рыхлой почвы несрезанных гребней более плотного сложения.

Выводы.

1. Усилие резания почвы L -образным ножом зависит от глубины обработки h . При этом зависимость имеет полиномиальный характер.
2. Непропорциональное увеличение силы сопротивления резанию F от глубины обработки h обусловлено остаточными явлениями от предшествующей обработки междурядий дисковой бороной, поскольку глубина хода дисков существенно меньше предельной глубины хода L -образного ножа в эксперименте.
3. Высокое значение коэффициента варьирования значений усилия резания почвы L -образным ножом обусловлено гребнистостью дна борозды, полученной в результате предшествовавшей обработки междурядья дисковой бороной. Кроме того, определенную долю нестабильности результатов вызывают корни сорняков, локализация которых на опытной деланке случайна.

Список источников

1. Овчинников Я.Л. Агротехнические требования к технологическому процессу комбайновой уборки ягод // Ползуновский альманах. 2022. № 3. С. 117-119.
2. Евсеев С.П., Перекопский А.Н. Метод повышения эффективности машинной уборки смородины чёрной // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 59. С. 20-25.
3. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.В. Моделирование взаимодействия улавливающего устройства малиноуборочного комбайна со стеблями // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2. С. 10-14.
4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Синяя Н.В. Снижение дальности отброса почвы дисковыми боронами в ягодниках // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 3. С. 217-224.
5. Ожерельев В.Н. Способ агрегатирования ягодоуборочного комбайна // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (79). С. 70-76.
6. Теличкина Н.А. Машины и механизмы для садоводства. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2023. 128 с. ISBN 978-5-88156-949-5.
7. Юлдашев З.Ш., Мирзоев Ш.И., Шарофов Ш.К. Математическое описание возмущений, действующих на сельскохозяйственные и мелиоративные машины (на примере дождевальных машин). Ч. 1 // Земледелец. 2024. Т. 102, № 1. С. 94-99.

Информация об авторах:

В.Н. Ожерельев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vicoz@bk.ru.

В.Н. Пиргунов - магистрант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.N. Ozherel'yev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, vicoz@bk.ru.

V.N. Pirgunov - Graduate Student of the Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.08.2025, одобрена после рецензирования 17.09.2025, принята к публикации 11.11.2025.

The article was submitted 12.08.2025, approved after reviewing 17.09.2025, accepted for publication 11.11.2025.

© Ожерельев В.Н., Пиргунов В.Н.