

## ЧИСЛО РЯДОВ ДИСКОВОЙ БOROНЫ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

**Владимир Васильевич Василенко  
Дмитрий Николаевич Афоничев  
Сергей Владимирович Василенко  
Роман Геннадьевич Кривенцев**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Минимальная обработка почвы выполняется преимущественно дисковыми орудиями, зачастую в комбинации с другими типами рабочих органов. Недостатком дисковых орудий является неровное дно борозды, так как режущие элементы в форме окружности оставляют на дне борозды необработанные гребни почвы, которые могут занимать значительную часть взрыхляемого слоя и даже образовывать полосовой вид поверхности поля. Теоретический анализ работы дисковых орудий показал, что этот недостаток устраним правильным выбором числа рядов дисков, их угла атаки и глубины обработки почвы. При замене отвальной вспашки на минимальную обработку следует выбирать диски с диаметром не менее 660 мм и располагать их на раме в четыре ряда. Рациональное расстояние между ними в ряду равно 500 мм. Двухрядная расстановка рабочих органов не соответствует агротехническим требованиям, предъявляемым к равномерности глубины обработки, так как уменьшить высоту остаточных гребней в почве до 8-9 см можно, если угол атаки превышает  $33^\circ$ , а это предельно допустимое значение угла для схода почвы с диска. Равномерность глубины обработки больше подвержена влиянию угла атаки, чем глубины хода дисков. Агротехническими требованиями по высоте необработанных гребней и равномерности глубины обработки почвы дисковыми орудиями допускается отклонение средней глубины от заданной до 10%, что достигается при угле атаки  $\alpha = 22-32^\circ$ . Это и является рациональным режимом работы дисковых орудий при выполнении основной обработки почвы на глубину до 22 см.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** почвообрабатывающие диски, угол атаки, глубина обработки, необработанные почвенные гребни, равномерность глубины.

## NUMBER OF ROWS OF DISC HARROWS AND QUALITY OF SOIL TREATMENT

**Vladimir V. Vasilenko  
Dmitriy N. Afonichev  
Sergey V. Vasilenko  
Roman G. Kriventsev**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Minimum soil tillage is performed mainly by disk tools that are often combined with working bodies of other types. Disk tools usage disadvantage is the uneven furrow sole, because the circle-shaped cutting elements leave untreated soil ridges in the furrow sole occupying a significant part of the soil layer being plowed and sometimes even forming a stripe-like field surface. Theoretical analysis of performance of disk tools showed that this disadvantage can be eliminated by the right choice of disk rows, their approach angle and depth of tillage. When moldboard plowing is substituted with minimum tillage, it is advisable to choose disks not less than 660 mm in diameter and arrange them in four rows on the frame. Reasonable spacing between them in a row is 500 mm. A two-row arrangement of working bodies does not meet the agrotechnical requirements applicable to the uniformity of tillage depth, because it is possible to reduce the height of residual ridges in the soil down to 8-9 cm only if the approach angle is over  $33^\circ$ , which is the threshold limit value for the soil to come off the disk. The uniformity of tillage depth is more susceptible to the influence of the approach angle than the depth of disk motion. The agrotechnical requirements applicable to the height of untilled ridges and uniformity of tillage depth by disk tools allow for a 10% deviation of average depth from the target value, which can be achieved at the approach angle of  $\alpha = 22-32^\circ$ . This is the most rational mode of operation of disk tools for the basic soil tillage to the depth of up to 22 cm.

**KEY WORDS:** tillage disks, approach angle, tillage depth, untilled soil ridges, uniformity of depth.

## Введение

Минимальная обработка почвы как альтернатива отвальной вспашке снижает до 20% совокупные затраты энергии на производство одной тонны зерна [2]. Она выполняется преимущественно дисковыми орудиями, зачастую в комбинации с другими типами рабочих органов. Почвообрабатывающие диски имеют преимущество перед пассивными органами в меньшем тяговом сопротивлении, они меньше залипают влажной почвой и хоть немного переворачивают обрабатываемый почвенный слой. Кроме того, вырезные диски могут частично измельчать растительные остатки и перемешивать их с почвой, поэтому дисковые бороны различных моделей применяются не только в полеводстве, но и в садоводстве [4]. Единственным недостатком дисковых орудий является неровное дно борозды. Режущие элементы в форме окружности оставляют на дне борозды необработанные гребешки почвы, которые могут занимать значительную часть взрыхляемого горизонта и даже образовывать полосовой вид поверхности поля. Для выравнивания дна борозды иногда используют комбинацию дисков с рыхлительными лапами, которые позволяют обрабатывать почву на глубину 10-14 см [9].

Рассмотрим теоретические предпосылки для уменьшения отмеченного выше недостатка дисковых рабочих органов.

При проектировании орудия выбор диаметра дисков зависит от требуемой глубины обработки почвы. Если предполагаются только поверхностные обработки, например, уход за парами, лущение стерни, рыхление междурядий сада, то диаметр дисков более 500 мм не требуется. Они могут заглубляться в почву до 15 см, хотя чаще всего такие работы проводятся на глубину 8-12 см [1, 10]. Но если орудие будет применяться на основной обработке почвы, то диаметр дисков должен допускать возможность глубины хода как минимум до 22 см. Для этой цели подойдут диски диаметром 660 мм.

Расстановка дисков на раме орудия может быть как батарейная, так и индивидуальная. При батарейной расстановке применяется не больше двух рядов дисков, так как в противном случае значительно увеличивается продольный размер орудия при увеличении угла атаки. Кроме того, диски в батарее располагаются близко друг от друга, вращаются синхронно и поэтому очень высока вероятность забивания почвой междискового пространства. Такие конструкции требуют постановки чистиков на каждом диске. При индивидуальной расстановке ряды располагаются в строго поперечном направлении, поэтому их может быть четыре или даже более, и это всегда экономит занимаемое пространство в продольном направлении. Отсутствие единой оси позволяет дискам работать без забивания с любым количеством растительных остатков даже без чистиков [7].

### Методика расчёта

Каждый почвообрабатывающий диск нарезает бороздки, расстояние между которыми прямо пропорционально расстоянию между дисками в ряду и обратно пропорционально числу рядов. При батарейной системе крепления дисков расстояние между гребнями (или между бороздками) зависит от расстояния между дисками и угла атаки

$$s = b \cos \alpha. \quad (1)$$

Но если батарей нет, а диски закреплены индивидуально, то расстояние между дисками в батарее ( $b$ ) измеряется в другом направлении, и равенство (1) можно представить как

$$s = \frac{B}{z}, \quad (2)$$

где  $s$  – расстояние между необработанными гребнями почвы;

$b$  – расстояние между дисками в батарее;

$B$  – расстояние между дисками в одном ряду при индивидуальной расстановке на раме;

$z$  – число рядов дисков.

Параметр  $b$  выбирается из условия незаклинивания пласта [8]: он должен в полтора раза превышать параметр глубины хода дисков в почве. Обычно в батареях дисковых борон и луцильников с диаметром дисков 500 мм междисковое пространство равно 170 мм. При индивидуальной расстановке дисков диаметром 660 мм расстояние между ними в одном ряду выбирается в пределах  $B = 400-500$  мм.

Одним из оценочных показателей качества работы дисковых орудий является коэффициент равномерности глубины обработки почвы  $\eta$ , то есть отношение площади сечения взрыхленной полосы почвы к сумме площадей сечения необработанного гребня и взрыхленной полосы. При батарейной системе этот показатель вычисляется по выражению

$$\eta = \frac{2as - cs}{2as} = 1 - \frac{c}{2a}, \quad (3)$$

где  $a$  – глубина хода дисков;

$c$  – высота необработанных гребней [8].

В свою очередь, высота необработанных гребней может быть вычислена в зависимости от расстояния  $b$  между дисками в батарее

$$c = 0,5D - 0,5\sqrt{D^2 - b^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}, \quad (4)$$

где  $D$  – диаметр дисков;

$\alpha$  – угол атаки.

При индивидуальной расстановке основной расчётной величиной является расстояние  $s$  между стойками в одном ряду дисков, если этот ряд единственный на всём орудии. Если орудие имеет несколько рядов дисков, то  $s$  – это расстояние между бороздками на поле после прохождения всех рядов. Если хорду диска на уровне высоты гребней рассмотреть в проекции на поперечное направление по отношению к движению агрегата, то это и будет параметром  $s$

$$D_c \sin \alpha = s, \quad (5)$$

где  $D_c$  – хорда диска на уровне высоты гребней.

С другой стороны, хорда окружности на высоте  $c$  вычисляется как

$$D_c = 2\sqrt{c(D - c)}. \quad (6)$$

Решая совместно равенства (5) и (6), находим теоретическую высоту необработанных гребней [6, 3] в почве

$$c = 0,5D - 0,5\sqrt{D^2 - \frac{s^2}{\sin^2 \alpha}}. \quad (7)$$

Выражение (7) применимо как для батарейной, так и для индивидуальной расстановки дисков.

### Результаты и их обсуждение

Графическое представление зависимости (7) показывает, что параметр  $s$ , зависящий от числа рядов дисков, довольно сильно влияет на высоту необработанных гребней, особенно при малых углах атаки (рис. 1 и 2).

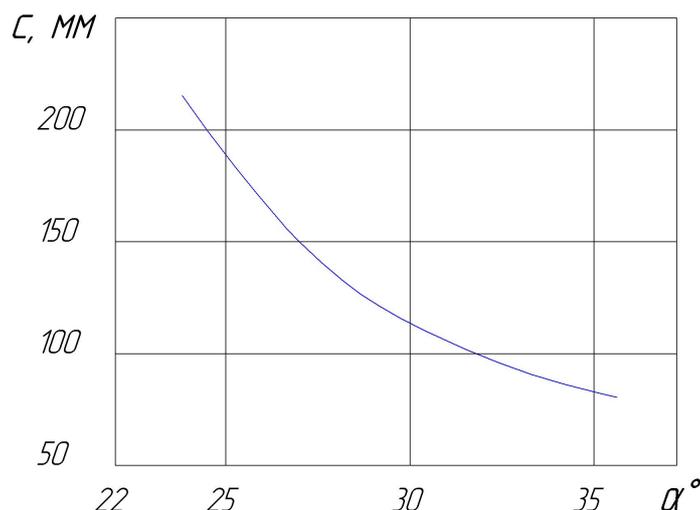


Рис. 1. Влияние угла атаки на высоту необработанных гребней при диаметре дисков 660 мм и их двухрядной расстановке с интервалом между бороздками 250 мм

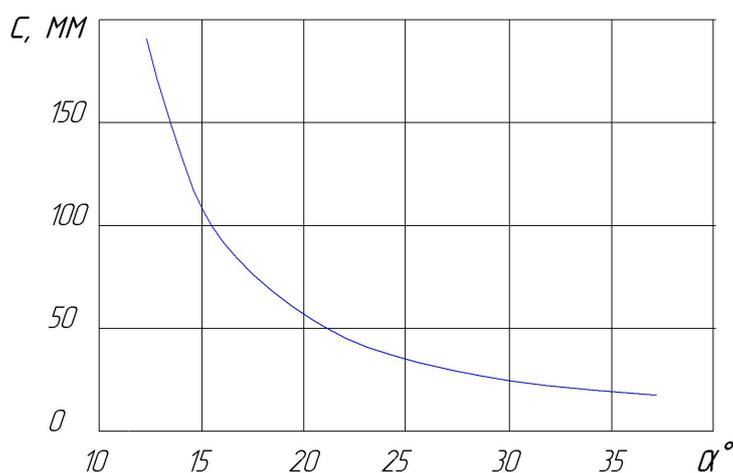


Рис. 2. Влияние угла атаки на высоту необработанных гребней при диаметре дисков 660 мм и их четырехрядной расстановке с интервалом между бороздками 125 мм

Агротехническими требованиями допускаются следующие значения параметра высота гребней на дне борозды:

- для дисковых борон –  $c \leq a$ ;
- для луцильников –  $c \leq 0,5a$ ;
- для дисковых плугов –  $c \leq 0,4a$  [8].

Поскольку тяжёлая дисковая борона может применяться на основной обработке почвы, к ней должно применяться агротребование, предъявляемое к плугам, то есть при глубине хода дисков 22 см высота необработанных гребешков не должна превышать 88 мм. Для этого при двухрядной расстановке дисков угол атаки должен быть более 33° (см. рис. 1). При меньшей глубине хода двухрядная расстановка вообще неприменима.

Четырёхрядная расстановка дисков открывает более широкие возможности регулирования угла атаки. При глубине хода дисков 22 см он может быть установлен от 16 до 35° (см. рис. 2).

Совместное решение уравнений (3) и (7) может выявить влияние двух параметров (угла атаки и глубины хода дисков) на коэффициент равномерности глубины обработки. На рисунках 3 и 4 показано это влияние для четырёхрядной дисковой бороны.

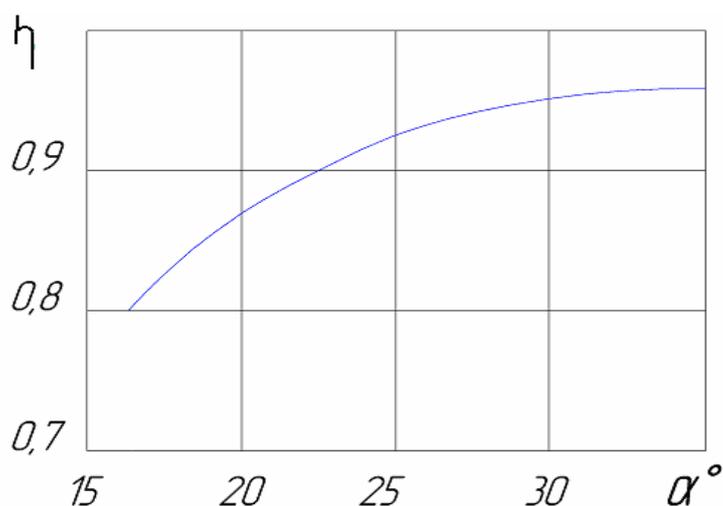


Рис. 3. Влияние угла атаки на коэффициент равномерности глубины обработки при глубине хода 22 см

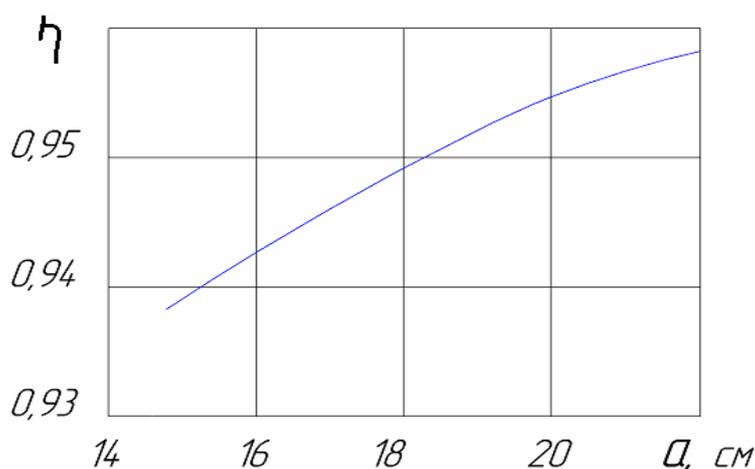


Рис. 4. Влияние глубины хода дисков на коэффициент равномерности глубины обработки при угле атаки 35°

### Выводы

Тяжёлые дисковые бороны с двухрядной расстановкой рабочих органов при основной обработке почвы не соответствуют агротехническим требованиям, предъявляемым к равномерности глубины обработки, так как уменьшить высоту остаточных гребней в почве до 8-9 см можно, если угол атаки превышает 33°, а это предельно допустимое значение угла для схода почвы с диска. Приемлемое качество работы двухрядных борон может быть получено в комбинации с культиваторными лапами, выравнивающими дно борозды.

Поскольку число рядов дисков должно быть чётным, для минимальной обработки почвы без комбинации с лапами подходят четырёхрядные тяжёлые бороны с диаметром дисков 660 мм. При их работе равномерность глубины обработки больше подвержена влиянию угла атаки, чем глубины хода дисков. Агротехническими требованиями по высоте необработанных гребней и равномерности глубины обработки почвы дисковыми орудиями допускается отклонение средней глубины от заданной до 10% [5], что достигается при угле атаки  $\alpha = 22-32^\circ$ . Это и является рациональным режимом работы дисковых орудий при выполнении основной обработки почвы на глубину до 22 см.

### Библиографический список

1. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1983. – 495 с.
2. Клёнин Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Клёнин, С.Н. Киселёв, А.Г. Левшин. – Москва : КолосС, 2008. – 816 с.
3. Курсовое проектирование по сельскохозяйственным машинам : учеб. пособие / В.В. Василенко, А.М. Гиьевский, К.Р. Казаров, В.Н. Солнцев. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – С. 50-62.
4. Механизация садоводства : учеб. пособие / И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, А.М. Гиьевский, В.И. Оробинский. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2011. – С. 25-27.
5. Обработка почвы в ЦЧР : учеб. пособие / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, В.А. Маслов, А.П. Пичугин. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 199 с.
6. Равновесие дисковых борон в горизонтальной плоскости / В.В. Василенко, С.В. Василенко, С.В. Кузьменко, Р.Г. Кривенцев // Наука вчера, сегодня, завтра : матер. науч.-практ. конф. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 95-100.
7. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация : учеб. пособие ; под ред. А.Р. Валиева. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 208 с.
8. Солнцев В.Н. Анализ работы дисковых орудий / В.Н. Солнцев // Сельскохозяйственные машины : практикум. 3. Лабораторно-практические работы по почвообрабатывающим машинам. – Москва : Колос, 2000. – С. 85-90.
9. Солнцев В.Н. Механизация растениеводства : практикум / В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 58.
10. Стерневая обработка почвы. Диски или лапы? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://agrovesti.net/technika\\_i\\_oborudovanie/sternevaya\\_obrabotka\\_pochvi\\_diski\\_ili\\_lapiss.html](http://agrovesti.net/technika_i_oborudovanie/sternevaya_obrabotka_pochvi_diski_ili_lapiss.html) (дата обращения: 27.11.2016).

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Васильевич Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Дмитрий Николаевич Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматизации, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8 (473) 224-39-39, E-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Сергей Владимирович Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Роман Геннадьевич Кривенцев – магистрант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 14.12.2016

Дата принятия к печати 26.01.2017

### AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir V. Vasilenko – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Dmitriy N. Afonichev – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8 (473) 224-39-39, E-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Sergey V. Vasilenko – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Roman G. Kriventsev – Master's Degree Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Date of receipt 14.12.2016

Date of admittance 26.01.2017