

УДК 631.313.02

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ЗА СЧЕТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЕЕ СОВЕРШЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ.**

Брагинец Н. В. д. т. н., Шовкопляс А. В.

(Луганский национальный аграрный университет)

В статье рассмотрены различные конструкции рабочих органов дисковых борон и проанализированы их конструктивные особенности. Приведены зависимости по определению геометрических параметров дисковых рабочих

органов и машин с такими органами. Геометрические параметры сферических дисков влияют на энергетические и качественные показатели их работы.

Сферические диски в качестве рабочих органов орудий, предназначенных для обработки почвы, с давних пор привлекают к себе внимание. Надо сказать, что еще в 1880 году в США широко продавались дисковые бороны. Авторство на дисковую борону принадлежит немецкому инженеру Шварцу. Его борона состояла из целого ряда дисков, насаженных на один общий вал [1, 2].

Диски в качестве рабочих органов орудий используют в плугах, луцильниках, сеялках, боронах, картофелесажалках и свеклоуборочных комбайнах.

Наиболее часто диски изготавливаются из стали 65Г, в некоторых случаях из стали 70Г. Рабочая зона дисков подвергается термической обработке токами высокой частоты до твердости HRC 35...45. Диаметр дисков средних борон составляет 450...500 мм, тяжелых борон для обработки на глубину до 25 см – 650 мм [3].

Механическое действие рабочих органов почвообрабатывающих машин направлено на изменение физико-механических свойств почвы с целью повышения его потенциальной энергии, используемой в дальнейшем растениями. При этом они обеспечивают надлежащее качество обработки почвы, высокую проходимость агрегата на объектах и минимальную энергоемкость выполняемого процесса. При анализе конструкций рабочих органов дисковых борон их можно классифицировать по таким признакам: по типу дисков; по форме отверстия под оси и по форме вырезов дисков. Классификация рабочих органов дисковых борон приведена на рисунке 1.

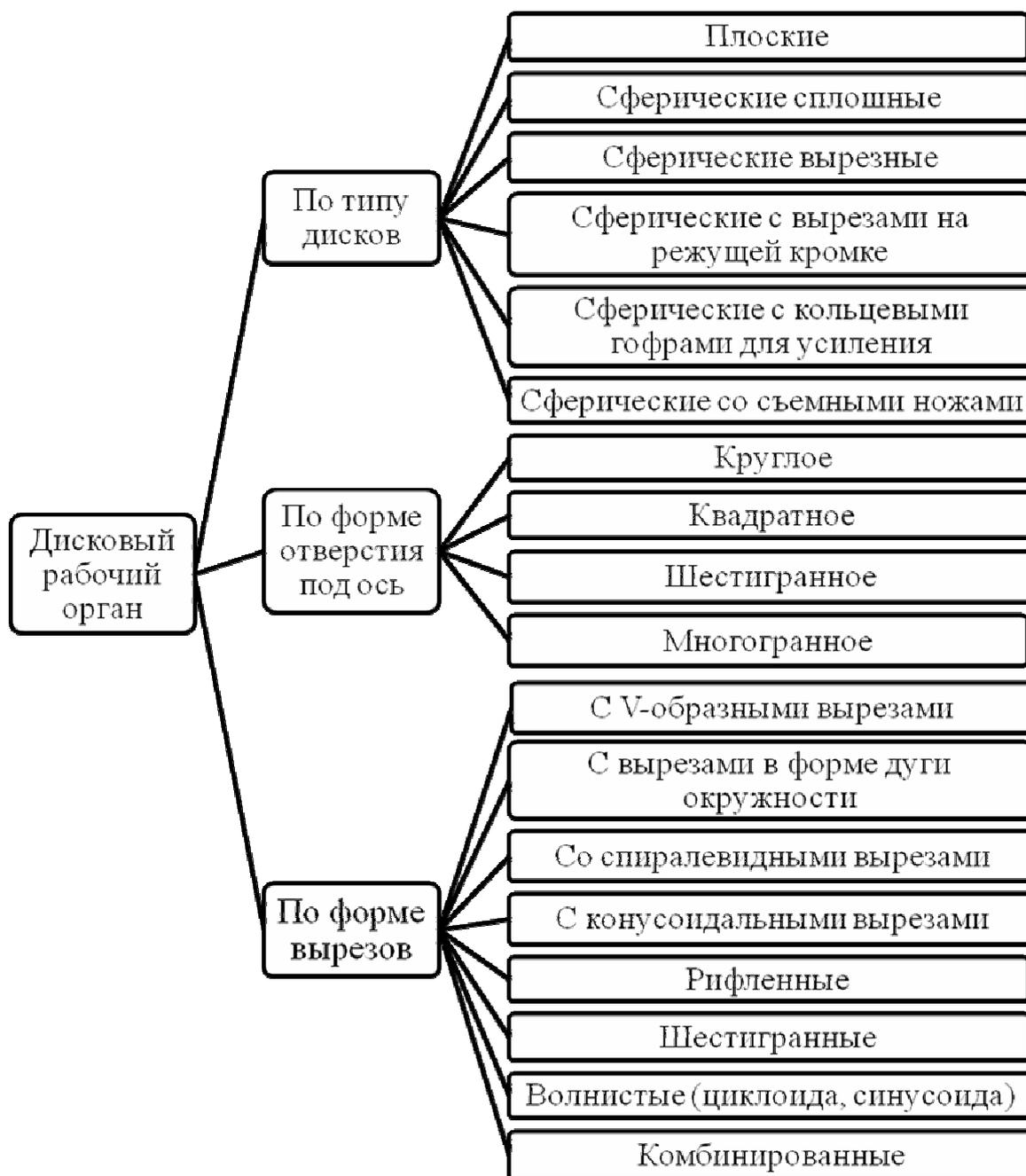


Рис. 1. Классификация рабочих органов дисковых борон.

Не смотря на то, что параметры дисковых рабочих органов определены, многие исследователи продолжают работу по их усовершенствованию [4-6]. Рассмотрим некоторые из конструкций рабочих органов дисковых борон и проанализируем их конструктивные особенности, представив эту информацию в таблице 1.

Дисковые рабочие органы в процессе работы совершают сложное движение: они вместе с орудием перемещаются поступательно и одновременно вращаются за счет действия реактивных моментов вокруг оси. Вращательное

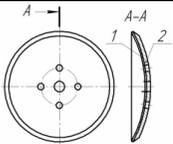
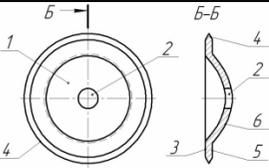
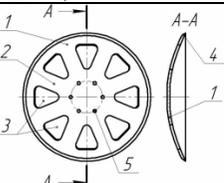
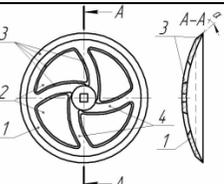
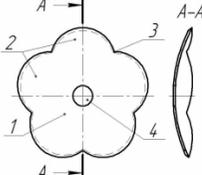
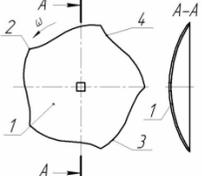
движение изменяет траекторию перемещения почвенной массы по рабочей поверхности диска и за ее пределами, а также влияет на характер резания почвы режущей кромкой дисковых рабочих органов.

Характер деформации и перемещений почвы под действием сферических дисков зависит от размера и кривизны дисков, угла их установки в горизонтальной и вертикальной плоскостях и размеров пласта, вырезаемого каждым диском, а также зависит от скорости поступательного движения машины и свойств почвы. Выбор значений перечисленных величин не может быть произвольным, так как для них по каждой группе дисковых рабочих органов существуют свои выработанные практикой пределы. Отдельные геометрические элементы связаны между собой функциональными зависимостями [1-3, 7-10].

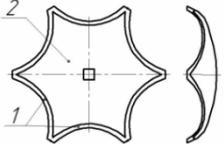
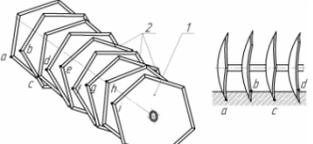
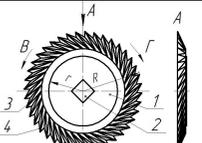
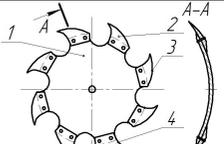
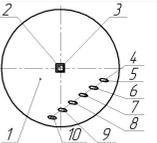
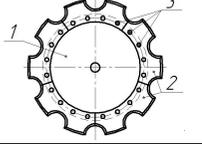
Теоретические исследования, касающиеся сферических дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин, были выполнены такими учеными как В. П. Горячкин, Ф. М. Канарев, И. М. Панов, N. Nerli, Г. Н. Синеоков, X. А. Хачатрян, В. Ф. Стрельбицкий, В. С. Василинин, П. С. Нартов, E. D. Gordon, P. A. Taylor, E. A. Кочкин и другими.

Одним из основных геометрических параметров диска является его диаметр. Диаметр в зависимости от условий работы следует выбирать наименьшим из допустимых значений, так как с увеличением диаметра диска резко возрастает нагрузка, необходимая для заглабления диска в почву [7, 8, 9]. Диаметр диска зависит также от заданной глубины обработки почвы. Глубина обработки почвы ограничивается высотой вертикального просвета между поверхностью поля и распорными втулками, размещенными между каждой парой смежных дисков (рис. 2). В этот просвет проходит наползающий на диск почвенный пласт. В случае недостаточной величины просвета пласт упирается в распорную втулку,

Таблица 1. Сравнительные характеристики, сферических дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Тип диска	Вид конструкции	Разработчик	Достоинства	Недостатки
Сплошной		Ежов В. А.	Диск двухслойный, чем достигается эффект самозатачивания	Технологические сложности при изготовлении
		Никитин С. П., Бакум Н. В. Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко	Хорошее рыхление и оборачивание пласта с незначительным уплотнением почвы	Технологические сложности при изготовлении кольца определенной ширины
Вырезной		Атрошенко В. И.	Предупреждается залипание, улучшается крошение почвы, уменьшается гребнистость поля	Жесткость диска ограничивается прочностью материала диска и технологическими свойствами почвы.
		Аулин В. В., Зайцев О. Ю., Жулай А. Ю., Лысенко С. В., Бобрицкий В. Н. Кировоградский национальный технический университет	Обеспечивается качественное крошение почвы, с реализацией эффекта самозатачивания	Технологические сложности при изготовлении и упрочнении
С вырезами на режущей кромке		Жан-Шарль Жаверляк, Франция	Повышенный запас прочности	Технологические сложности при изготовлении
		Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. Белгородская государственная сельскохозяйственная академия	Уменьшается сопротивление резанию почвы и растительных остатков. Повышенный запас прочности	Технологические сложности при изготовлении

Продолжение таблицы 1.

Тип диска	Вид конструкции	Разработчик	Достоинства	Недостатки
С вырезами на режущей кромке		Куприян Е. Ю., Кобяков И. Д., Дегтярев А. А., Троценко В. В. Омский государственный аграрный университет	Простота конструкции	Недостаточная жесткость и прочность
		Сохт К. А., Кириченко А. К., Ежов В. А. Краснодарский НИИ сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко	Улучшается крошение почвы и измельчение пожнивных остатков, обеспечивается самоочищение диска	Технологические сложности при изготовлении
		Огрызков Е. П., Кобяков И. Д. Омский сельскохозяйственный институт им. С. М. Кирова	Повышается качество обработки почвы, экономится материал при изготовлении дисков	Необходимость группировать диски в блоки
С гофрами для усиления		Митин Е. Ф.	Рифление диска повышает его упругость и жесткость, что уменьшает металлоемкость	Технологические сложности при изготовлении
Со съемными ножами		Маммаев З. М., Першина О. Ф., Ямщиков В. В. Всесоюзный НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова	Увеличивается проникающая и измельчающая способности, чем повышается производительность	Технологические сложности при изготовлении режущих элементов из-за их формы
		Воробьев Г. М., Большаков В. И., Горбенко В. Ф. Приднепровская госакадемия строительства и архитектуры	Обеспечивается повышение качества рыхления почвы и экономия топлива	Сложности при установке ножей под определенным углом
		Бобров В. Г., Бурецкий А. Г., Карпенко С. П., Толстов И. В., Колтунов В. Н. ОАО «АСМ-Запчасть»	Обеспечивается хорошее качество рыхления почвы и надежность работы диска	Прочность диска недостаточна из-за того, что он не цельный

в результате чего орудие выглубляется. Диаметр диска в этом случае рассчитывается по формуле:

$$D = 2a + d + 2l, \quad (1)$$

где a – глубина хода диска;

d – диаметр распорной втулки;

l – высота наползания пласта на диск по линии его вертикального диаметра.

$$l = \frac{D_a}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad (2)$$

где D_a – длина горизонтальной хорды диска, расположенной на уровне поверхности поля. Из подобия треугольников BAC и CAE имеем:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{AC}{AE};$$

отсюда $AC = \sqrt{AB \cdot AE}$, или, что одно и то же

$$\frac{D_a}{2} = \sqrt{a \cdot (D - a)}, \quad (3)$$

γ – угол наползания пласта на диск, т. е. угол между линией поверхности поля CG и линией движения пласта CF .

С небольшой погрешностью эту линию можно считать прямой. Проведенные многократные измерения величины угла γ при различной установке рабочих органов [3] показали, что угол наползания меняется в больших пределах в зависимости от угла атаки. При проведении Нартовым опытов было подмечено, что угол наползания увеличивается с увеличением глубины обработки почвы, кривизны рабочей поверхности диска и скорости движения агрегата.

Подставив в формулу (1) значения соответствующих величин из (2) и (3), получим следующую зависимость диаметра диска от глубины обработки, диаметра распорной втулки и угла наползания пласта на диск [3]:

$$D = 2a \left(1 + \frac{d}{2a} + \operatorname{tg}^2 \gamma + \operatorname{tg} \gamma \cdot \sqrt{1 + \frac{d}{2a} + \operatorname{tg}^2 \gamma} \right), \quad (4)$$

Проведя расчеты получаем, что диаметр рабочих органов дисковых борон должен быть больше глубины обработки в 3...3,5 раза.

Радиус кривизны рабочей поверхности диска является одним из важнейших параметров, определяющих качество обработки почвы. Чем меньше радиус кривизны, тем диск интенсивнее воздействует на почвенный пласт, лучше его оборачивает и сильнее разрушает.

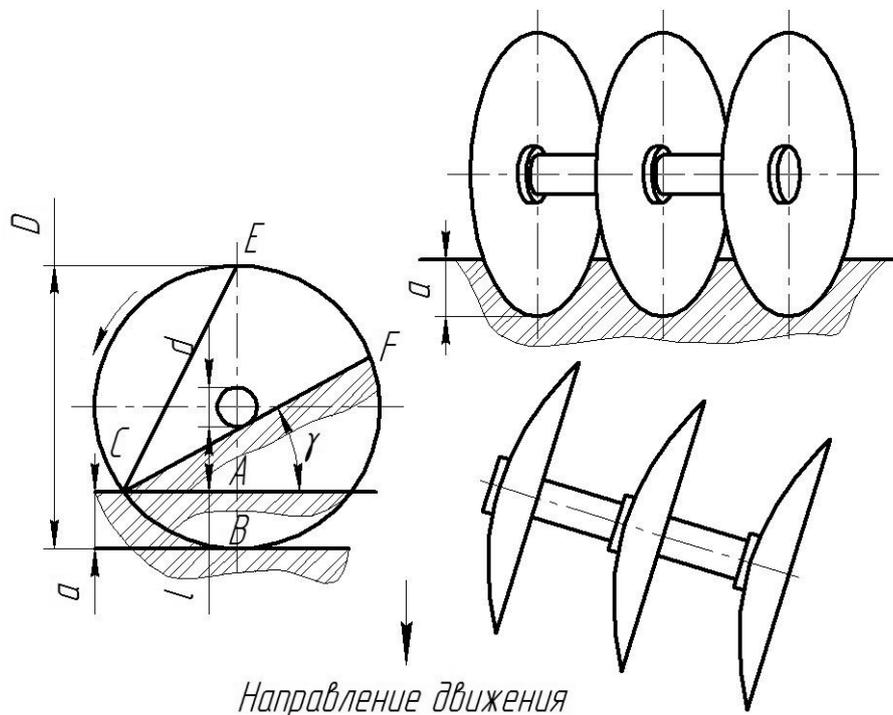


Рис. 2. К определению диаметра диска по условию заглубления при батарейном креплении рабочих органов.

В методике проектирования дисковых рабочих органов, изложенной Синековым Г. Н., в основу расчета радиуса кривизны положен чисто геометрический принцип [2, 7, 10]. Радиус кривизны в этом случае должен иметь такую величину, которая при заданных параметрах диаметра диска и угла атаки обеспечит образование зазора между тыльной стороной режущей кромки диска и стенкой борозды. Радиус кривизны рассчитываем по формуле:

$$R = \frac{D}{2 \sin \varphi'} \quad (5)$$

где φ – половина центрального угла дуги окружности, образуемой в результате сечения диска экваториальной плоскостью.

Угол φ находим из выражения:

$$\varphi = \alpha - i - \varepsilon, \quad (6)$$

где i – угол заточки (принимается $i=15...20^\circ$);

ε – задний угол резания, т. е. угол между тыльной стороной режущей кромки диска и стенкой борозды.

Угол ε рекомендуется принимать равным $+3\dots+5^\circ$. В дисковых боронах допускается отрицательное значение этого угла (-5°). Фактически этот угол по мере перемещения режущей кромки по дуге резания резко увеличивается. Поэтому нет необходимости вводить строгое ограничение минимального и максимального значений угла ε . Нет также никакого смысла ставить в зависимость от угла ε радиус кривизны диска. Желательно, чтобы ε был близок к нулю [2, 7].

При определении расстояния вдоль оси батареи между соседними дисками b следует учитывать габаритные размеры распорных катушек и подшипников, длину батареи, и, как следствие, ее способность приспосабливаться к неровностям поля, а также наличие на поверхности поля стерни и сорняков, так как от перечисленных факторов зависит возможность набивания (запрессовывания) почвы между дисками. Во избежание заклинивания пласта и отдельных глыб почвы между дисками размер b должен быть больше глубины хода дисков, т. е.

$$b \geq 1,5a, \quad (7)$$

Однако при выборе значения D и b у борон и луцильников следует иметь в виду не только забивание дисков, но и получение дна борозды заданного профиля. Высота гребней c на дне борозды зависит от диаметра диска, угла установки α и расстояния между смежными дисками b (рис. 3).

$$b \cdot \cos \alpha = D_c \cdot \sin \alpha, \quad (8)$$

откуда $D_c = b \cdot \operatorname{ctg} \alpha$.

Но D_c есть среднее пропорциональное между $D-c$ и c , поэтому

$$D_c = 2 \cdot \sqrt{c \cdot (D - c)}. \quad (9)$$

Решая совместно (8) и (9), получим:

$$b = 2 \cdot \sqrt{c \cdot (D - c)} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (10)$$

Эта формула устанавливает зависимость между b , D , c и α .

При проектировании часто необходимо определить одну из этих величин по выбранным значениям трех других.

Геометрии сферических дисков является решающим фактором обеспечения их работоспособности. При проектировании дисковых орудий, рекомендуемый угол постановки дисков к направлению движения принимают равным $35...45^\circ$, угол заточки при условии обеспечения прочности и износоустойчивости должен быть не менее $10...15^\circ$, а задний угол – $3...5^\circ$.

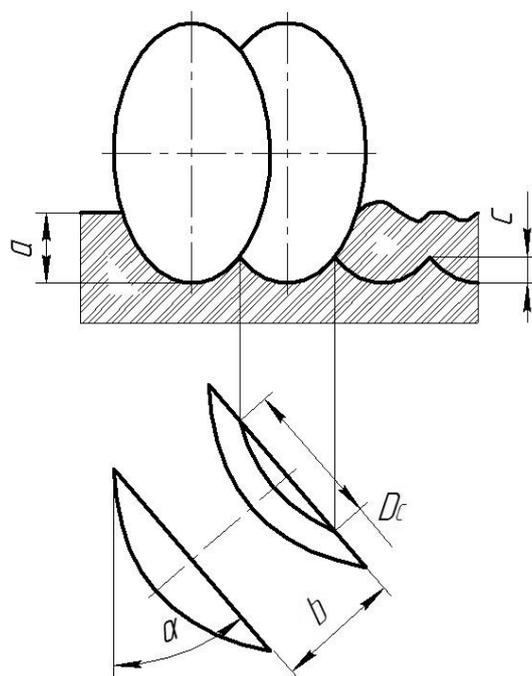


Рис. 3. Профиль дна борозды при обработке дисковой бороной.

Движение сферического диска представляет собой сложное перемещение в направлении поступательного движения и вращение вокруг оси. В результате чего траекторию движения его точек представляет собой удлиненную циклоиду.

Энергопотребление и качественные показатели работы почвообрабатывающих орудий со сферическими дисками определяются конструктивными особенностями их рабочих органов и орудия в целом. На перемещение и перемешивание почвы оказывают влияние углы установки, диаметр и радиус кривизны дисков, а также скорость его вращения. Недостаточно хорошо изучен вопрос влияния формы вырезов дисков на качество обработки почвы, сопротивление дисковых борон, и, как следствие, на

енергосбережение, что не позволяет в полной мере реализовать те положительные потенциальные возможности, которые заложены в разработанных конструкциях сферических дисков.

Список литературы:

1. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин / П. М. Заїка. – Харків: 2001. – 444 с.
2. Канарёв Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф. М. Канарёв. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.
3. Нартов П. С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П. С. Нартов. – Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. – 182 с.
4. Авторские свидетельства СССР за период 1960 по 1991 годы, МКИ А 01 В 5/14, 7/00, 13/00, 19/02, 21/00, 21/08, 23/04, 23/06.
5. Патенты на полезные модели и изобретения Российской федерации за период 1994...2009 годы, МКИ А 01 В 5/00, 7/00, 19/00, 21/00, 21/08, 61/04.
6. Патенты на полезные модели и изобретения Украины за период 2001...2010 годы, МКИ А 01 В 5/00, 5/14, 7/00, 21/00, 21/08.
7. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
8. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / [ред. Босой Е. С.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
9. Сільськогосподарські та меліоративні машини/ [ред.. Войтюк Д. Г.]. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
10. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / [ред.. Войтюк Д. Г.]. – Суми: Університетська книга, 2008. – 464 с.

Анотація

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ І ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ҐРУНТУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ДОСКОНАЛІШИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.

Брагінець М. В. д.т.н., Шовкопляс О. В.

У статті розглянуті різні конструкції робочих органів дискових борін і проаналізовані їх конструктивні особливості. Приведені залежності з визначення геометричних параметрів дискових робочих органів і машин з такими органами. Геометричні параметри сферичних дисків впливають на енергетичні і якісні показники їх роботи.

Abstract

ANALYSIS CONSTRUCTIONS OF DISK WORKINGS ORGANS AND THEORETICAL GROUND OF INCREASE OF EFFICIENCY OF PROCESS OF TREATMENT OF SOIL DUE TO THE USE OF MORE PERFECT WORKINGS ORGANS.

Braginets N. V., Shovkoplyas A. V.

In the article the different constructions of workings organs of disk harrows are considered and an analysis is done their structural features. Dependences are resulted on determination of geometrical parameters of disk workings organs and machines with such organs. The geometrical parameters of spherical disks influence on the power and quality indexes of their work.