

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМОВ СКОРОСТНЫМИ ОРУДИЯМИ

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF PROCESSING CHERNOZEM SPEED GUNS

В.Н. ЗВОЛИНСКИЙ

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Россия, vic.nik.ru@yandex.ru

V.N. ZVOLINSKY

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia,
vic.nik.ru@yandex.ru

Внедрение передовых технологий возделывания сельскохозяйственных культур обычно связывают с минимизацией приемов основной обработки почвы с заменой их поверхностными операциями, включая дискование. Использование малоэнергоёмких широкозахватных орудий, работающих на глубину 10...14 см с высокими скоростями до 15...20 км/ч, позволяет обеспечивать экономический эффект, сократить сроки проведения весенних работ, сократить число обслуживающего персонала. Иногда такого же эффекта удается достичь за счет применения комбинированных машин, выполняющих за один проход несколько последовательных операций по обработке почвы, внесению удобрений и иногда – посеву. В последние годы для таких целей используются дисковые рыхлители с индивидуальным подпружиненным креплением дисков к раме (дискаторы) и фрезерные культиваторы, органично вписывающиеся в состав комбинированных машин. Однако многолетние наблюдения за применением этих дорогих и сложных орудий, наряду с высокой проходимостью орудий, повышенной рабочей скоростью и надежностью выполнения процесса, экономией ГСМ и др., выявили ряд их существенных недостатков по отношению к возделываемым культурам: постепенное переуплотнение почвы, особенно черноземов, снижение продуктивной влаги, повышенную засоренность полей, неравномерность глубины обработки, повышение эрозионно-опасных частиц и, как следствие всего этого, – тенденцию к снижению урожая. У приводных машин, кроме высокого качества крошения почвы, отмечается, особенно у отечественных фрез, низкая производительность, невысокая надежность работы, большой расход горючего и увеличение после прохода эрозионно-опасных фракций. Этому способствует отсутствие на наших фрезах многоскоростных редукторов, обычно позволяющих регулировать качество крошения путем контроля за кинематическим параметром – отношением окружной и поступательной скоростей.

Целью исследования является выявление случаев нерационального использования т.н. «агрессивных» почвообрабатывающих орудий и определение путей возможной минимизации отмеченных недостатков. Методы исследований заключаются в аналитическом рассмотрении недостатков, возникающих при эксплуатации выбранного типа орудий, выявлении причин их появления и указании на конкретные шаги по их устранению. Результаты исследований приводятся на реальных моделях, производящихся в настоящее время в ООО «Белагромаш-сервис», для чего приводятся нагрузочные характеристики наиболее ходовых образцов. Во избежание нерационального использования рассматриваемых современных орудий рекомендован ряд мероприятий, позволяющих повысить эффективность их применения, урожайность культурных растений и КПД орудий за счет снижения отрицательного воздействия рабочих органов на обрабатываемую почву – для дискаторов и привода – для фрез.

Ключевые слова: минимальная технология, обработка почвы, дисковые орудия, подпружиненная подвеска, глубина обработки, переуплотнение, производительность, почвенная фреза, многоскоростной редуктор, чернозем.

The introduction of advanced technologies for the cultivation of crops is usually associated with minimizing the techniques of basic tillage and replacing them with surface operations, including disking. The use of low-power wide-grip tools, working at a depth of 10...14 cm with high speeds of up to 15...20 km/h, allows you to provide an economic effect, reduce the time for spring work, and reduce the number of service personnel. Sometimes the same effect can be achieved through the use of combined machines that perform several successive operations for tillage, fertilization and sometimes sowing in one pass. In recent years, disc rippers with individual spring-loaded mounting of discs to the frame (diskators) and milling cultivators that fit organically into the combined machines are used for such purposes. However, now long-term observations of the use of these expensive and complex tools, along with high tool traffic, increased working speed and reliability of the process, fuel economy, etc., revealed a number of significant shortcomings in relation to cultivated crops – gradual soil compaction, especially chernozem, decrease in productive moisture, increased contamination of fields, uneven depth of processing, increase in erosion-hazardous particles and, as a result of all this, a tendency to decrease in yield. In addition to high quality crumbling of the soil, drive machines have, especially domestic mills, low productivity, low reliability, high fuel consumption and an increase after passing through erosion-hazardous fractions. This is facilitated by the lack of multi-speed gearboxes on our cutters, which usually make it possible to regulate the quality of crumbling by controlling the kinematic parameter – the ratio of peripheral and translational speeds. The purpose of the study is to identify cases of irrational use of so-called. «Aggressive» tillage tools and identify ways of minimizing possible deficiencies noted. The research methods consist in analyzing the deficiencies arising from the operation of the selected type of tools, identifying the causes of their occurrence and indicating concrete steps to eliminate them. The results of the research are presented on real models currently being produced in Bela-gromash-Service LLC, for which the load characteristics of the most popular samples are given. In order to avoid the irrational use of the considered modern tools, a number of measures are given to increase the efficiency of their use, the yield of cultivated plants and the efficiency of tools by reducing the negative impact of working bodies on the cultivated soil (for diskators) and the drive for milling machines.

Keywords: minimal technology, tillage, disc tools, spring-loaded suspension, depth of processing, repacking, productivity, soil mill, multi-speed gearbox, black earth.

Введение

В настоящее время агрофизические свойства почв, в том числе черноземов, отличаются от оптимальных величин и имеют устойчивую тенденцию к ухудшению. Происходит переуплотнение, утрата зернистой структуры; уменьшается количество водопрочных агрегатов; снижается водопроницаемость [1, 4, 10, 13]. При этом подготовка почвы должна быть низкзатратной, энергосберегающей и экологически обоснованной. В этом состоит актуальность рассматриваемых проблем.

Характер воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин на обрабатываемую почву можно условно разделить на две категории – пассивного и активного действия. Обеспечение современного сельского хозяйства энергонасыщенными тракторами привело к тому, что, например, на предпосевной подготовке почвы, в погоне за высокой производительностью, желанием совместить ряд последовательных операций, достичь экономии горючего, снижения зарплаты и других прямых затрат, все большее распространение стали получать орудия т.н. агрессивного действия, к которым можно отнести фрезерные орудия, как наиболее подходящие для совмещения операций в комбинированных орудиях и высокоскоростные орудия, например, дисковые орудия с индивидуальной подвеской дисковых секций.

Цель исследований

Рассмотреть положительные и отрицательные свойства современных орудий для минимальных технологий и наметить пути минимизации выявленных недостатков.

Критерием активности можно выбрать линейную или угловую скорость воздействия, например, при скорости до 5 м/с отнести к пассивной, а более этой скорости – к агрессивной. Из пассивных орудий такую скорость крошения мы имеем при работе дискаторов, которые уверенно используются на поступательных скоростях до 5,5–7,0 м/с при глубине обработки до 12–14 см с тракторами тяговых классов до 8 тонн.

Материалы и методы исследований

Высокое качество крошения почвы приводными орудиями сопровождается значительными энергетическими затратами, распылением почвы и невысокой производительностью процесса. Это зависит как от состояния почвы на момент обработки, так и от соотношения

окружной и поступательной скоростей, влияющего на подачу фрезерования и степень крошения почвы.

Согласно П.У. Бахтина [2], 90–100 % содержания комков размером не более 50 мм и менее 5 % пыли (частицы менее 0,25 мм) соответствует высшему качеству обработки почвы, 70–90 % комков и 5–10 % пыли – хорошему качеству, 50–70 % комков и 10–15 % пыли – удовлетворительному.

Работа приводных почвообрабатывающих орудий в общем случае характеризуется эффективным разрушением почвенного пласта при окружных скоростях 3...10 м/с и поступательных скоростях от 2...5 м/с [3]. Дальнейшее повышение поступательных скоростей приводит к увеличению подачи фрезерования и резкому повышению энергоемкости процесса:

$$N_p + N_{отб} = aBV(K_p + K_{отб}v^2\lambda^2) \cdot \frac{1}{\eta_{п}}, \quad (1)$$

где N_p – мощность на резание почвы, л.с.; $N_{отб}$ – мощность на отбрасывание, л.с.; a – глубина обработки почвы, м; B – ширина захвата орудия, м; V – поступательная скорость агрегата, м/с; K_p и $K_{отб}$ – коэффициенты удельного сопротивления, соответственно, резанию (кПа) и отбрасыванию ($\text{Н с}^2/\text{м}^4$) почвы; $\eta_{п}$ – КПД передачи ротора.

Для снижения требуемой мощности на фрезерование в конструкцию фрезы перед барабаном иногда ставят стрельчатые лапы (рис. 1), позволяющие повысить скорость до 6...7 км/ч. При этом реактивная сила подталкивания агрегата (при попутном фрезеровании) частично используется на преодоление тягового сопротивления лап и повышение общего КПД привода агрегата [5]:

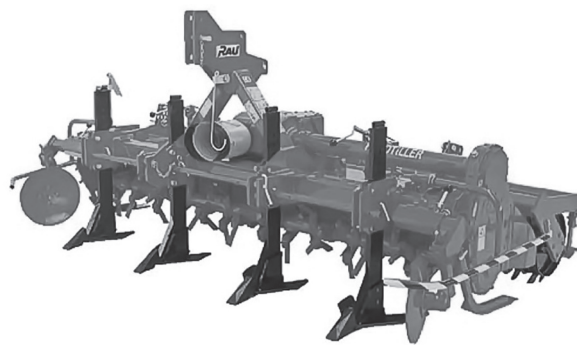


Рис. 1. Комбинированная фреза RDP-30 фирмы RAW (Германия)

$$\eta_a = \frac{N_p + N_{отб} + N_T}{\frac{N_p + N_{отб} + N_{под}}{\eta_{ВМ}\eta_{П}} + (N_{пер} + N_T - N_{под}) \frac{1}{\eta_{М}\eta_{б}}}, \quad (2)$$

где $N_{под}$, $N_{пер}$, N_T – мощности, расходуемые на отбрасывание почвы, подталкивание машины (преодоление сопротивления), перекатывание и преодоление потерь в трансмиссии машины; η_a , $\eta_{ВМ}$, $\eta_{П}$, $\eta_{М}$, $\eta_{б}$ – коэффициенты полезного действия, соответственно, фрезерного агрегата, с учетом привода к ВОМ трактора, передачи машины, самопередвижения и буксования трактора и наличия культиваторных лап (тяговый КПД).

Результаты и обсуждение

Рассматривая качество обработки почвы фрезерными орудиями на глубину до 12 см с окружными скоростями Г-образных ножей и прямом фрезеровании свыше 5 м/с, следует отметить как высокую степень крошения пласта, ограниченную агротехническими требованиями из-за возможности образования эрозионно-опасных фракций размером менее 1 мм, так и возрастающую при этом плотность дна борозды, обусловленную несоблюдением т.н.

кинематического параметра $\lambda = \frac{V_o}{V_{П}}$. При этом

безусловно, необходимо учитывать такие конструктивные параметры, как угол установки ножа и ширину его крыла. В некоторой степени все эти элементы могут регулироваться подбором соотношения окружных и поступательных скоростей, т.е. путем использования многоскоростных редукторов, как это делается на зарубежных фрезях. В результате, при нарушении установленного λ , затылочная часть крыла ножа трется о необработанную стенку и сминает ее, таким же образом уплотняется и дно борозды. Чтобы избежать этого, иногда устанавливают ножи с минимальными значениями угла установки, т.е. менее 25°, но это приводит к плохому сходу почвенной стружки с ножа и возможности вовлечения ее во вращение вместе с барабаном, приводящее к возрастанию энергоемкости процесса и возможному забиванию или залипанию фрез барабана.

Производство высокомоментных и многоскоростных редукторов для почвообрабатывающих машин, таких как фрезерные культиваторы, ротационные плуги, пропашные

и садовые фрезы в нашей стране, так и не налажено, а покупать зарубежные редукторы достаточно дорого, да и конструкции самих машин, для которых эти редукторы были созданы, значительно разнятся с отечественными разработками, и поэтому встроить их в отечественные конструкции достаточно сложно. В результате массового производства фрез для предпосевной обработки, кроме культиватора-глубококорыхлителя КФГ-3,6 и комбинированной машины АКР-3,6, в России толком налажено не было.

Вместо организации производства фрезерных машин, в России в последние двадцать лет наблюдается скачок создания и использования новых дисковых почвообрабатывающих орудий, т.н. «дискаторов», отличающихся индивидуальным креплением рабочих органов к раме. В настоящее время только 2 предприятия – ОАО «Белагромаш-сервис» имени В.М. Рязанова» и компания ООО «БДМ-Агро» – производят по 32 наименований каждой из таких машин захватом от 2,1 до 10,1 к тракторам классов 4–8. Этому буму способствовали два обстоятельства: широкое внедрение почвозащитных технологий, когда для минимизации основной обработки почвы отвальная вспашка заменяется безотвальным рыхлением, поверхностной или мелкой обработкой, а то и вообще полным отказом от обработки, и появление ряда технических решений, позволяющих увеличить скорость дискования до 3,3...4,2 м/с. В первую очередь это относится к схеме размещения и способам соединения рабочих органов с рамой посредством крепления индивидуальных пружинных стоек или поводков с эластичными вкладышами, позволяющими регулировать положение каждого диска относительно поверхности поля, тем самым обеспечивая повышенную пропускную способность для почвы и сорняков в междисковом пространстве, а также способствуя улучшению степени измельчения и перемешивания пожнивных остатков с почвой. Крепление позволяет эксплуатировать борону в условиях засоренности участков небольшими каменистыми включениями и облегчает ремонт орудия в случае поломки.

Новые дисковые орудия, как правило, существенно дороже по сравнению с боронами батарейной конструкции, и поэтому среди конструкций зарубежных дисковых борон пока чаще встречаются бороны этого типа.

Тем не менее, создатели дискаторов, делая в рекламе упор на экономические показатели, такие как высокая производительность, экономия до 50 % погектарного расхода горючего, меньшее число следов тракторных колес и т.п., совсем не замечают такие агротехнические аспекты, как отрицательные результаты долгосрочного применения дисковых орудий на мелкой обработке, приводящие к переуплотнению подпочвенного горизонта, потере эффективной влаги, глыбистости почвенных фракций, распыляющего воздействия на поверхностные слои, увеличения засоренности посевов, снижения плодородия, особенно на черноземах, и постепенное снижение урожайности культурных растений [6, 9, 11, 12].

Одним из основных агротехнических требований дискования является способность орудия заглубляться и удерживать во время работы заданную глубину обработки. Особен-

но это относится к работе в жестких почвенных условиях, например, на черноземах центральной части Краснодарского края.

Дисковые орудия, построенные по классической схеме, т.е. с батарейными секциями, выполняют эти требования достаточно точно. Для дискаторов выполнение таких требований проблематично. По мнению некоторых исследователей, причиной тому служит низкая вертикальная нагрузка на диск [7, 8]. Это обстоятельство объясняется результатом слепого копирования отечественными производителями зарубежных конструкций, созданных без учета разнообразия почвенных условий России. В результате производители путем утяжеления конструкций и введения все более жестких упругих стоек доводят удельное давление на диск от 70 до 130 кг, что приводит к постепенному переуплотнению подпочвенного горизонта (табл. 1).

Таблица 1

Нагрузочные характеристики дискаторов ОАО «Белагромаш»

Модель дискатора	Захват, м	Число дисков, шт.	Масса, кг	Удельное давление на диск, кг	Модель дискатора	Захват, м	Число дисков, шт.	Масса, кг	Удельное давление на диск, кг
Бороны дисковые навесные									
БДМ 2,4х2н	2,4	18	970	69,3	БДМ 3,2х2н	3,2	24	1300	54,2
Бороны дисковые прицепные									
БДМ 2,4х4пм	2,4	24	2150	89,6	БДМ 3,2х4пм	3,2	32	2350	73,4
БДМ 4х4пм	4,0	40	3462	86,5	БДМ 5х4пм	5,0	48	4348	90,6
БДМ 6х4пм	6,0	56	4764	85,1					
Бороны дисковые прицепные модульные									
БДМ 3,2х4/0,9	3,2	32	3045	95,2	БДМ 4х4п/0,9	4,0	40	3645	91,1
БДМ 5х4/0,9	5,0	48	4500	93,8					
Борона дисковая модульная полуприцепная									
БДМ 6х4/0,9	6,0	60	7450	124,2	БДМ 7х4/0,9	7,2	72	8400	116,7
БДМ 8х4/0,9	9,0	92	11950	129,9	БДМ 9х4/0,9	9,0	92	11950	129,9
Борона дисковая режущая									
БДР8х4	8,1	82	7250	88,4	БДР10х4	10,1	98	9550	97,4
Борона дисковая составная прицепная									
БДС-10х2п	10,0	80	8650	108,1	БДС-6х2п	6,0	48	5500	114,6
Агрегат дисковый универсальный									
АДУ-6Б	5,6	56	6500	110,1					

Окончание табл. 1

Модель дискатора	Захват, м	Число дисков, шт.	Масса, кг	Удельное давление на диск, кг	Модель дискатора	Захват, м	Число дисков, шт.	Масса, кг	Удельное давление на диск, кг
Дисковый мульчировщик									
ДМ-3,2	32	32	3200	100,0	ДМ-5,2	5,2	52	5100	100,0
ДМ-6х2сп	6,0	50	7300	146,0	ДМ-5х2м	5,0	42	5566	132,5
ДМ-6х2м	6,0	50	6250	125,0	ДМ-7х2м	7,0	58	7170	123,6
ДМ-3х2	3,0	26	3325	127,9	ДМ9х2м	9,0	74	9320	125,9
ДМ-4х2	4,0	34	3700	108,8					

На рис. 2 представлена сверхмощная дисковая борона Admiral-850 итальянской фирмы Maschio, рекламированная на последней выставке «Золотая осень» как универсальное орудие для всех случаев измельчения и перемешивания с почвой пожнивных остатков, сорняков и др. перед посевом пожнивных культур.

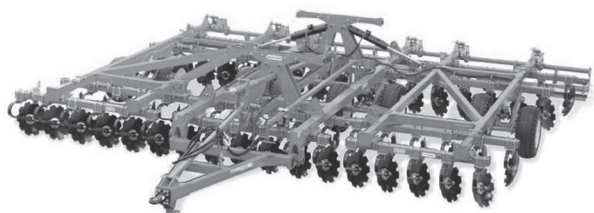


Рис. 2. Сверхмощная дисковая борона Admiral-850 фирмы Maschio

Анализ представленной характеристики показывает, что гарантированное качество обработки орудие может обеспечить только при 10-тонной массе, обеспечивающей нагрузку на диск около 150 кг.

Гипотеза о постепенном переуплотнении черноземов дисками не далека от истины, но основная причина, по нашему мнению, кроется в том, что эксплуатация этих орудий в силу

особенностей технологического процесса не может не приводить к интенсивному уплотнению подпочвенного горизонта. Индивидуальное крепление дисков, дающее возможность свободно, а иногда и принудительно перемещаться им в вертикальной плоскости, только усугубляет это уплотнение, так как процессу придается динамический характер. Отсюда – интенсивное крошение и излишнее образование эрозионно-опасных частиц в верхнем горизонте, особенно при обработке сухих почв [6].

Анализируя выводы различных исследователей [6] относительно вертикальной составляющей тягового сопротивления дискового орудия P_z и факторов, влияющих на величину этой составляющей, можно остановиться на результатах, полученных С.А. Сидоровым [7] при выборе материалов и методов упрочнения дисков для почвообрабатывающих машин:

$$P_z = S \cdot \sin(\delta - \varphi) \cdot \sin \alpha \times \left[K_o + 2\gamma_{об} \cdot K_{ср} \cdot v^2 \cdot \frac{(\sin \beta)^2}{g} \right], \quad (3)$$

где S – площадь поперечного сечения погруженной в почву части диска, см²; δ – угол

Таблица 2

Техническая характеристика дисковой бороны «Admiral-850»

№	Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
1	Рабочая ширина	м	8,5
2	Рабочая скорость	км/ч	13...20
3	Глубина обработки	см	0...15
4	Диаметр диска	мм	610
5	Расстояние между дисками	мм	508
6	Угол атаки	град	22°
7	Масса (без бороны)	кг	9979
8	Число дисков	шт.	68
9	Удельная нагрузка на один диск	кг/диск	146,75
10	Потребляемая мощность	л.с.	330...450

между направлением силы сопротивления и горизонтом, град; φ угол трения металла по почве, град; α угол установки диска (угол атаки) в горизонтальной плоскости, град; K_o – удельное сопротивление почвы, кг/см²; $\gamma_{об}$ – объемный вес почвы (плотность), кг/см³; $K_{стр}$ – коэффициент, учитывающий увеличение давления за счет сгущения почвы при увеличении скорости обработки; v – скорость движения, м/с; β – угол крошения, град; g – ускорение свободного падения, м/с².

В работах ряда авторов [7, 8] приведены все выводы параметров, включенных в формулу (1), поэтому повторять их в данной статье не имеет смысла.

Представленные на рис. 2 зависимости $G = \varphi(\alpha, v, T)$ показывают, что с увеличением поступательной скорости дискатора вес орудия должен нарастать с увеличивающейся интенсивностью.

Использование дискаторов на повышенных скоростях (от 4,2 м/с и более) обеспечивает рыхление почвы с посредственной выравненностью дна борозды, но при этом с высокой

надежностью выполнения технологического процесса и хорошей заделкой поверхностной растительности. Также появляется возможность их применения на слабо каменистых почвах без поломок рабочих органов (дисков).

Указанные свойства являются следствием индивидуальной подвески дисков на пружинных (или эластичных) подвесках, вызывающих ударное воздействие на комки при встрече с неровностями или небольшими препятствиями. То же самое происходит при работе на уплотненных участках, например, по следам трактора или комбайна, колесного хода сцепки широкозахватных агрегатов и т.п., когда отдельные диски выглубляются до нулевых, а то и выше, отметок, преодолевая усилие пружин или эластичных амортизаторов и оставляя после себя неравномерную по глубине и качеству крошения обработку, а также участки с неподрезанными сорняками.

При работе на влажных почвах происходит постепенное уплотнение нижнего горизонта борозды на глубину ниже установленной глубины обработки (20..30 см), а на сухих

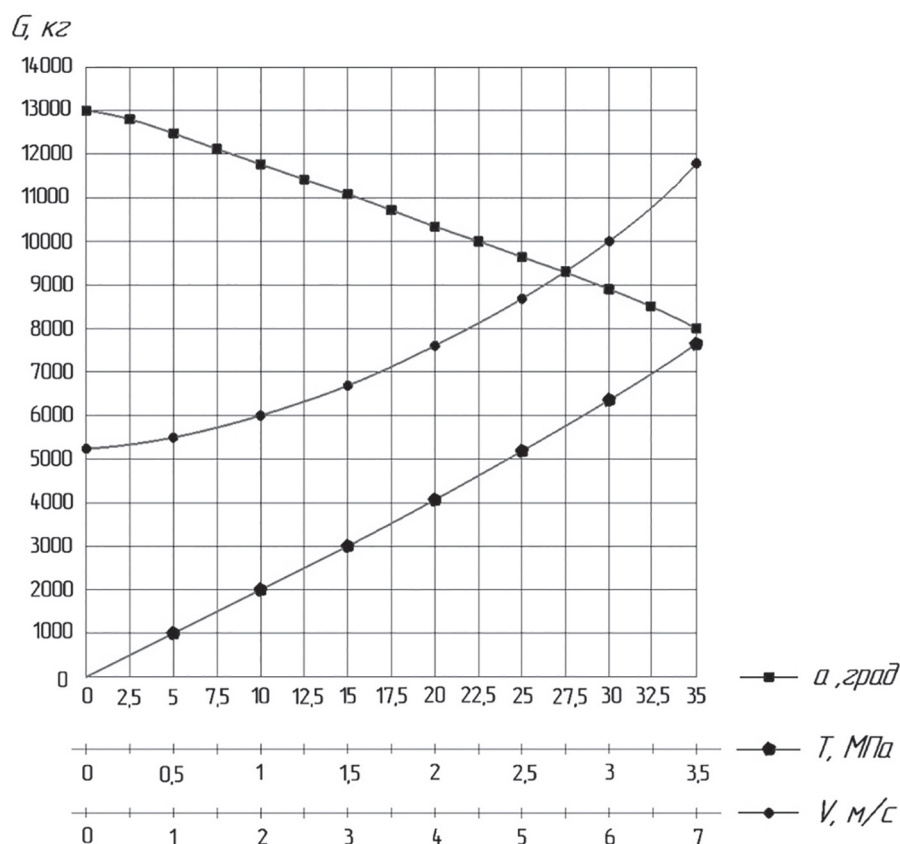


Рис. 3. Зависимость требуемой массы фронтальной дисковой бороны G от угла установки дисков α , рабочей скорости V и твердости почвы T

почвах – образование на поверхности пылевых частиц.

По этим причинам нельзя рассматривать дискаторы в качестве универсальных орудий общего применения, так же как и сами минимальные почвозащитные технологии обработки почвы с их применением – для повсеместного использования.

Данные о влиянии приемов основной обработки почвы (чернозема обыкновенного и выщелоченного) под различные культуры (сахарная свекла, озимая пшеница, рожь, ячмень, подсолнечник и др.) и, особенно, приемов ее минимизации на агрофизические свойства почв весьма противоречивы, что обусловило необходимость проведения более детальных дальнейших исследований в условиях ЦЧР [13, 14, 15]. Однако во всех случаях различные приемы основной обработки почвы существенно влияли на изменение агрофизических показателей чернозема. В том числе тогда, когда отвальная обработка снижала плотность почвы по сравнению с другими приемами основной обработки на 4–6 %, длительное проведение дискования в системе минимальной обработки под все культуры севооборота приводило к переуплотнению почвы, особенно в горизонте 20...40 см. Длительное использование дискаторов на подготовке почвы под зерновые культуры приводило к повышению не только твердости дна борозды, но и общей плотности обрабатываемой почвы.

При этом тенденция повышения твердости почвы отмечалась как при использовании в течение трех лет разноглубинной безотвальной обработки, так и при проведении дискования, совмещенного с посевом, предпосевной минимальной или мелкой мульчирующей обработки по сравнению с отвальной разноглубинной обработкой почвы в севообороте. На деградированных черноземах без применения периодической глубокой отвальной или безотвальной обработки почвы в севообороте почва сильно уплотнялась, наблюдалось наличие плужной подошвы, существенно возрастала глыбистая фракция в структурно-агрегатном составе. Таким образом, для оптимизации агрофизических показателей плодородия на средне- и сильно выпаханных черноземных почвах рекомендуется отвальная, безотвальная, комбинированная разноглубинная обработка почвы с максимальным использованием в севообороте приемов биологизации (сидеральные пары, пожнивная сидера-

ция, многолетние травы, оставление нетовой части урожая, внесение навоза, дефеката) в комплексе с внесением рекомендованных доз минеральных удобрений. Дискование в этих условиях проводить не рекомендуется.

Известно, что уплотнение почвы сферическими дисками диаметром 510...650 мм, применяемыми в конструкциях дискаторов, является результатом действия реактивных сил R_z , выталкивающих орудие из почвы и компенсируемых весом орудия. Эти силы зависят от глубины обработки, плотности и твердости почвы, способа установки дисков, их формы и толщины, остроты лезвия, скорости работы агрегата.

Выводы

Успешное внедрение приемов минимизации основной обработки почвы, включающее использование дисковых орудий, возможно при соблюдении следующих условий:

- применение их на почвах, устойчивых к уплотнению;
- подбор сельскохозяйственных культур, обеспечивающих урожайность при минимальных обработках не ниже, чем при традиционных технологиях (это, прежде всего, озимые и яровые зерновые культуры);
- использование полей, сравнительно чистых от сорняков;
- при переходе к мульчирующим и нулевым обработкам необходимо периодически проводить глубокое рыхление почвы [14].

Рассматривая вопрос агрессивности работы индивидуальных дисков на повышенных скоростях, с одной стороны, следует учитывать, что для обеспечения постоянства глубины обработки на участках повышенной твердости, например, в колее после прохода колес трактора или сцепки, необходимо увеличение вертикального давления диска, т.е. использования более тяжелых орудий. С другой стороны, при изменении угла атаки дисков, вида заточки лезвия, толщины диска, агрофизических свойств почвы, особенно влажности и наличия песка, требований к размеру образующихся почвенных фракций необходимо обращать внимание на экологическую составляющую в виде увеличения эрозионно-опасных фракций, чему повышенное удельное давление на диск способствует в большей мере. Во избежание этого недостатка можно применить внутреннюю заточку гладких дисков, увеличить число дисков и оптимизировать требуемую ширину захвата орудия.

Литература

1. Трофимова Т.А., Коржов С.И. Энергосберегающие приемы обработки почвы и их влияние на показатели плодородия // Международная научно-практическая конференция «Адаптивно-ландшафтное земледелие: вызовы XXI века» 12–14 сентября 2018 г.
2. Алексеев В.В. Аэродинамический подход к оценке крошения почвы активными рабочими органами МТА // Вестник государственного аграрного университета. 2013. № 9 (107). С. 95–97.
3. Яцук Е.П. и др. Ротационные почвообрабатывающие машины. М.: Машиностроение, 1977. С. 156–164.
4. Лобачевский Я.П., Панов А.И., Панов И.М. Перспективные направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов // Тракторы и сельхозмашины 2000. № 12. С. 12–18.
5. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. С. 250–256.
6. Сохт К.А. и др. Дисковые бороны и лушильники. Проектирование технологических параметров: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2014. С. 164.
7. Сидоров С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий в сельском и лесном хозяйстве: дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВИСХОМ, 2007.
8. Зволинский В.Н., Гаврилин М.А. Анализ уплотнения почвы фронтальными дисковыми бородами // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 12. С. 17–22.
9. Черкасов Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы // Земледелие. 2006. № 6. С. 20–22.
10. Трофимова Т.А. Зяблевая обработка в юго-восточных районах ЦЧР // Сахарная свекла. 2002. № 7. С. 19–21.
11. Зволинский В.Н. Об оценке агроэкологических показателей почвообрабатывающих машин при работе на повышенных скоростях // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 6. С. 7–10.
12. Зволинский В.Н. Выполнение агроэкологических требований почвообрабатывающими машинами при работе на повышенных скоростях // Экология и сельскохозяйственная техника: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. 13–14 мая 2009 г. Том 2. СПб. СЗНИИСХ. 2009. С. 69–75.
13. Трофимова Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирование плодородия почв в ЦЧР: автореф. дис. ... докт. сельскохозяйственных наук. Воронеж. 2014. ГНУ «Воронежский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии»; ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I». С. 15–18.
14. Рябцева Н.А. Влияние систематической поверхностной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема обыкновенного и фитосанитарное состояние посевов // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 4. URL: <http://agro.snauka.ru/2014/04/1359>.
15. Коржов С.И., Трофимова Т.А. Плодородие чернозема обыкновенного при длительном применении обработки почвы // Плодородие. 2009. № 2. С. 44–45.

References

1. Trofimova T.A, Korzhov S.I. Energy saving tillage techniques and their impact on fertility indicators. Doklad na Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Adaptivno-landshaftnoe zemledelie: vyzovy HKHI veka» [Report at the International Scientific and Practical Conference «Adaptive-landscape agriculture: challenges of the XXI century»] 12–14 September 2018 (in Russ.).
2. Alekseev V.V. Aerodynamic approach to the assessment of soil crumbling by active working bodies of machine tractor unit. Bulletin of the State Agrarian University. 2013. No. 9 (107), pp. 95–97 (in Russ.).
3. Yatsuk E.P. Rotacionnye pochvoobrabatyvayushchie mashiny [Rotational tillage machines]. Moscow, Mechanical Engineering. 1977, pp. 156–164 (in Russ.).
4. Lobachevsky Ya.P., Panov A.I, Panov I.M. Perspective directions for improving the designs of land moldboard plows. Tractors and agricultural machines. 2000. № 12, pp. 12–18 (in Russ.).
5. Sineokov G.N. Panov I.M. Theory and calculation of tillage machines. Moscow Mechanical Engineering, 1977, pp. 250–256 (in Russ.).
6. Soht K.A. et al. Diskovye borony i lushchil'niki. Proektirovanie tekhnologicheskikh parametrov [Disk Harrows and Huskies. Designing technological parameters]. Textbook. Krasnodar: KubSAU, 2014. С. 164.
7. Sidorov S.A. Povyshenie dolgovechnosti i rabotosposobnosti rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin i orudij v sel'skom i lesnom hozyajstve. Dis. d-ra tekhn. nauk [Increasing the durability and efficiency of the working bodies of tillage machines and implements in rural and forest-

- ry. Dissertation for Degree of Dr. (Eng)]. Moscow: WISM, 2007.
8. Zvolinsky V.N., Gavrilin M.A. Analysis of soil compaction with frontal disc harrows. Tractors and agricultural machines. 2010. № 12, pp. 17–22 (in Russ.).
9. Cherkasov G.N. Combined systems of the main processing are the most effective and justified. Agriculture. 2006. № 6, pp. 20–22 (in Russ.).
10. Trofimova T.A. Winter Processing in the South-Eastern Regions of the Central Chernozem Region. Sugar beet. 2002. No 7. pp. 19–21 (in Russ.).
11. Zvolinsky V.N. The evaluation of agro-ecological indicators of tillage machines when working at high speeds. Tractors and agricultural machinery. 2009. № 6, pp. 7–10 (in Russ.).
12. Zvolinsky V.N. Fulfillment of agro-ecological requirements by tillage machines when working at increased speeds. *Ekologiya i sel'skohozyajstvennaya tekhnika. Materialy 6-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Ecology and agricultural machinery. Materials of the 6th International. scientific-practical conf.]* May 13–14, 2009. Vol. 2. SPB. SZNIISH. 2009, pp. 69–75 (in Russ.).
13. Trofimova T.A. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya osnovnoj obrabotki i regulirovanie plodородiya pochv v CCHR. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora sel'skohozyajstvennyh nauk [Scientific bases for the improvement of the main processing and regulation of soil fertility in the Central Chernozem Region. Abstract for dissertation for the degree of Dr. (Agricultural Sciences)]. // Voronezh/ 2014. State Scientific Institution «Voronezh Research Institute of Agriculture named after V.V. Dokuchaeva of the Russian Agricultural Academy»; FGBOU VPO «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I», pp. 15–18 (in Russ.).
14. Ryabtseva N.A. Influence of systematic surface tillage on the agrophysical properties of ordinary chernozem and phytosanitary condition of crops. Agriculture, forestry and water management. 2014. № 4 (in Russ.). URL: <http://agro.snauka.ru/2014/04/1359>.
15. Korzhov S.I., Trofimova, T.A. Fertility of ordinary chernozem with prolonged use of tillage. Fertility. 2009. № 2, pp. 44–45 (in Russ.).