

4. Бетень, Г. Ф. Повышение долговечности почворезущих элементов сельскохозяйственной техники наплавкой, намораживанием. – Минск: БелНИИНТИ, 1986. – 44 с.
5. Products & Equipment [Электрон. ресурс] / John Deere Company. – Режим доступа: www.deere.com. – Дата доступа: 20.09.2022.
6. Product Areas [Электрон. ресурс]: Welcome to the Future of Farming / Kverneland Group. – Режим доступа: www.kvernelandgroup.com. – Дата доступа: 20.09.2022.
7. Produkte [Электрон. ресурс] / Rabe Agrarsysteme GmbH & Co. KG. – Режим доступа: www.rabe-agrarsysteme.com. – Дата доступа: 20.09.2022.
8. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В. П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
9. Жабуренок, С. Н. Повышение долговечности плужных лемехов наплавкой диффузионно-легированными сплавами из чугуновой стружки и последующей термической обработкой: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 2004. – 20 с.
10. Константинов, В. М. Повышение износостойкости при упрочнении плужных лемехов диффузионно-легированной чугуновой стружкой / В. М. Константинов, Ф. И. Пантелеенко, С. Н. Жабуренок // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 5. – С. 17–20.
11. Константинов, В. М. Борсоудержающие сплавы для защитных покрытий из металлоотходов: ресурсосберегающий потенциал разработки и применения // Механика машин, механизмов и материалов. 2014. – № 2. – С. 70–73.
12. Константинов, В. М. Комплексное обеспечение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга поверхностным и объемным упрочнением быстроизнашиваемых деталей / В. М. Константинов, Г. А. Ткаченко, В. Г. Щербачков // Перспективные материалы и технологии : монография : в 2 т. / Национальная академия наук Беларуси (Минск) ; под ред. В. В. Клубовича. – Витебск : ВГТУ, 2017. – Т. 2, гл. 17. – С. 324–341.

УДК 631.51

Поступила в редакцию 08.10.2022
Received 08.10.2022

Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mehposev@mail.ru*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА К ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕМУ АГРЕГАТУ ДЛЯ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ И ВЛАГОЗАДЕРЖАНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований по обоснованию основных параметров волнистого диска к почвообрабатывающему агрегату для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях, учитывающие качество и надежность технологического процесса, выполняемого диском при обработке верхнего слоя почвы.

Ключевые слова: дисковый рабочий орган, параметры, диаметр диска, ширина захвата, количество волн, растительные остатки.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: mehposev@mail.ru*

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE DISK WORKING BODY TO THE SOIL-CLOWING UNIT FOR MOISTURE ACCUMULATION AND MOISTURE RETENTION ON SLOPE LANDS

Abstract. The article presents the results of theoretical studies on the justification of the main parameters of the wavy disk to the tillage unit for moisture accumulation and moisture retention on sloping lands, taking into account the quality and reliability of the technological process performed by the disk when processing the topsoil.

Keywords: disk working body, parameters, disk diameter, capture width, number of waves, plant residues.

Введение

Ранее проведенные исследования [1] показали, что при обработке почвы на склонах обеспечить оптимальные условия для роста и развития растений и одновременно предотвратить развитие эрозионных процессов возможно путем применения почвообрабатывающего агрегата для основной безотвальной обработки почвы, обеспечивающего за один проход по полю выполнение таких влагосберегающих приемов обработки почвы, как чизелевание, глубокое рыхление почвы и мульчирование верхнего слоя почвы растительными остатками. При этом установлено, что предлагаемый для этих целей агрегат должен включать последовательно установленные дисковые, рыхлительные и прикатывающие рабочие органы [2]. Проведенный анализ существующих конструкций дисковых рабочих органов [3, 4] позволил установить тип дискового рабочего органа, наиболее приемлемого для использования в новом агрегате. В качестве такого органа был выбран рабочий орган в виде волнистого диска. Наряду с этим также было установлено, что среди волнистых дисков наибольший интерес представляют диски, у которых искривление волны идет не от центра диска, а на некотором расстоянии по радиусу и под углом к нему. Такая особенность диска позволяет заглубляться волне диска в почву вертикально, а выглубляться горизонтально. Это обеспечивает наилучшие результаты измельчения растительных остатков, сосредоточенных в валках и небольших скоплениях на поле. Вместе с тем известные конструкции дисковых рабочих органов, а это в основном конструкции зарубежных производителей, не в полной мере учитывают особенности условий республики. Поэтому, как показывает практика, при их необоснованном выборе могут возникать такие проблемы, как неполное подрезание и измельчение сорняков и пожнивных остатков; сгуживание солоmistых и пожнивных остатков перед дисками; забивание рабочих органов почвой и растительными остатками; недостаточное крошение почвы. Поэтому для успешной разработки новых машин с дисковыми рабочими органами волнистого типа, в том числе и агрегата для защиты почв от водной эрозии, необходимо провести теоретические, а затем и экспериментальные исследования по обоснованию параметров дискового рабочего органа с учетом недопущения указанных недостатков.

Цель данной статьи – теоретическое обоснование основных параметров дискового рабочего органа к почвообрабатывающему агрегату для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях в условиях Республики Беларусь.

Основная часть

Исходя из ранее проведенных исследований [2–4], дисковый рабочий орган к агрегату для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях должен состоять из волнистого диска 1 (рис. 1), закрепленного на ступице 2. При этом основание волны 3 должно начинаться на расстоянии A по радиусу R , равном половине диаметра ступицы 2, и под углом к нему, равным 90° .

Основными параметрами дискового рабочего органа, представленного на рис. 1, которые могут влиять на качество его работы (перерезание растительных остатков, глубина обработки, степень крошения) и надежность технологического процесса (забивание почво-растительной массой, сгуживание солоmistых и пожнивных остатков перед дисками), являются: диаметр диска D , количество волн n и ширина захвата B . Поэтому методический подход к расчету и сам расчет параметров диска должны учитывать это обстоятельство.

В связи со сказанным одной из задач, которую должен решать дисковый рабочий орган, является перерезание им стеблей растительных остатков.

Необходимым условием перерезания стеблей 1 является их защемление в створе γ , образуемом поверхностью поля и касательной ($a-a$) к периметру диска 2 в точке (А) контакта его со стеблем (рис. 2).

Известно [5], что стебли защемляются диском при выполнении двух условий:

- 1) угол γ должен уменьшаться;
- 2) величина угла γ должна удовлетворять условию [5]:

$$\gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (1)$$

где φ_1 – угол трения стебля о лезвие диска, град; φ_2 – угол трения стебля о почву, град.

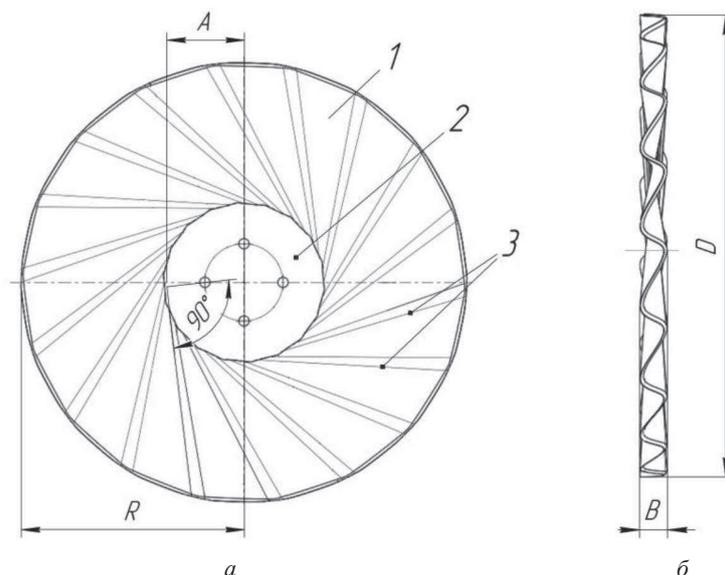


Рис. 1. Дискový рабочий орган волнистого типа: *a* – вид сбоку; *б* – вид спереди

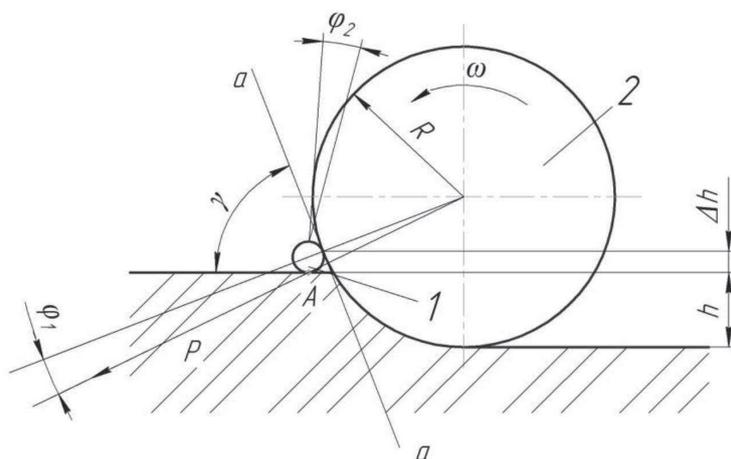


Рис. 2. Схема к определению резания растительных остатков диском рабочего органа:
1 – стебель; 2 – волнистый диск

В нашем случае первое условие выполняется, так как диск вращается со скоростью ω по направлению движения v .

Для выполнения второго условия из рис. 2 определим радиус диска с учетом неравенства (1):

$$R = (h + \Delta h) / [1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)], \quad (2)$$

где h – глубина хода диска, м; Δh – расстояние от поверхности поля до точки А (определяется диаметром поперечного сечения стебля).

Из уравнения (2) также можно определить допустимую глубину обработки почвы, при которой диск будет перерезать растительные остатки:

$$h \leq R[1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]. \quad (3)$$

Определим необходимый диаметр диска при следующих агротехнических требованиях:

- глубине обработки $h = 0,12$ м;
- диаметре растительных остатков $\Delta h = 0,05$ м.

Примем угол трения стебля о сталь $\varphi_1 = 30^\circ$, а угол трения стебля о почву $\varphi_2 = \varphi_1$, хотя он больше φ_1 – тем самым ужесточим условия резания. Из уравнения (2) определим радиус диска, который должен быть $R \geq 0,3$ м и диаметр $D \geq 0,6$ м.

Для обоснования количества волн и ширины захвата диска выделим на его поверхности характерный для волнистого диска элемент, который в первом приближении можно представить в виде треугольной пирамиды (рис. 3), основанием которой будет являться равнобедренный треугольник DCE , а боковыми гранями треугольники ADE , AEC и ADC . При этом два первых треугольника будут рабочими, а третий, ADC – мнимый.

В соответствии с рис. 3 угол β и сторона основания a при определенном диаметре D определяют количество волн в диске:

$$n = \frac{\pi D}{l} = \frac{\pi D}{2a \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}. \quad (4)$$

где a – основание волны диска, м.

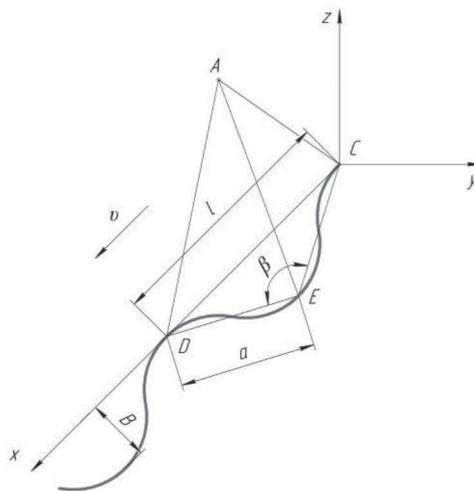


Рис. 3. Схема рабочего элемента волнистого диска

Ширина захвата B определяется по формуле:

$$B = a \cos\left(\frac{\beta}{2}\right). \quad (5)$$

При этом

$$\sin\left(\frac{\beta}{2}\right) = \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right). \quad (6)$$

Тогда получаем:

$$B = \frac{\pi D}{2n \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)}. \quad (7)$$

Анализ соотношения (7) показывает, что основные параметры диска (B , D , n) связаны так, что изменение одного из них приводит к пропорциональному изменению другого параметра при постоянстве третьего. Поэтому если найти, например, функциональную зависимость между двумя какими-либо параметрами при определенных условиях работы диска, то по соотношению (7) можно установить значение третьего параметра.

Для исключения забивания волны почвой, обусловленного в основном силами прилипания, при повторном ее (волны) внедрении через оборот диска под действием сил сопротивления залипшая масса должна выдавливаться. Благодаря наличию свободного выхода в сторону мнимой грани волны выдавливание залипшей почвы наиболее вероятно тогда, когда силы сопротивления стремятся к своему максимуму, а это при $a = const$ возможно в случае, если:

$$S_{\Delta DCE} \rightarrow S_{\Delta DCE \max}, \quad (8)$$

где $S_{\Delta DCE \max}$ – площадь треугольника (рис. 3), м².

Поскольку

$$S_{\Delta DCE} = 0,5a^2 \sin \beta. \quad (9)$$

При $\beta = \pi/2$ или $\beta > (\pi/2)\sin\beta > 1$ получим

$$S_{\Delta DCE} = S_{\Delta DCE \max}. \quad (10)$$

Таким образом, угол при вершине основания волны β из условия обеспечения самоочистки следует выбрать 90° . Так как ширина захвата диска B связана со стороной основания волны a соотношением (5), то при угле $\beta = 90^\circ$ получаем

$$B = \frac{a}{\sqrt{2}}. \quad (11)$$

В соответствии с агротребованиями на почвообрабатывающие машины [5], после прохода дисковых рабочих органов наличие в почве комочков диаметром $d_k \leq 0,05$ м должно быть не менее 80 %. При использовании волнистого диска существенное влияние на этот показатель оказывает то, что в процессе обработки почвы таким диском попавшие в межэлементное (межволновое) пространство комки почвы не подвергаются удару, а поэтому могут оказаться неразрушенными. Чтобы такие комки почвы можно было разрушить соседним диском или другим рабочим органом, их необходимо сдвинуть в сторону под удар другого рабочего органа. В волнистом диске с углом $\beta = 90^\circ$ это возможно, когда [6]:

$$a \leq 1,71d_k, \quad (12)$$

где d_k – диаметр комка, принятый в виде шара.

Тогда, с учетом сказанного для $d_k = 0,05$ м, $a = 0,0855$ м. Подставив значения $a = 0,0855$ м, $D = 0,6$ м, $\beta = 90^\circ$ в формулу (4), получим количество волн $n = 16$ шт., и далее, подставив в формулу (7) значение $n = 16$, получим ширину захвата диска $B = 0,0588$ м.

Поскольку представленный в данной статье расчет основных параметров диска является приблизительным, то окончательное решение по выбору параметров необходимо принимать после их экспериментальной проверки.

Заключение

1. Предложен методический подход к теоретическому обоснованию параметров дискового рабочего органа, учитывающий качество его работы и надежность выполняемого им технологического процесса.

2. Теоретически обоснованы параметры дискового рабочего органа к почвообрабатывающему агрегату для влагонакопления и влагосбережения на склоновых землях при глубине обработки 0,12 м. Установлено, что для перерезания растительных остатков диаметром до 0,05 м, исключения сгруживания, забивания волн диска почвой и обеспечения требуемого качества крошения почвы диск должен иметь диаметр 0,6 м, ширину захвата 0,0588 м и количество волн 16 шт.

Список использованных источников

1. Лепешкин, Н. Д. К обоснованию способа и агрегата для основной обработки почвы склоновых земель (в условиях Республики Беларусь) / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Зубенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 131–137.
2. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат для формирования влагосберегающего, влагонакопительного слоя почвы на склоновых землях: пат. 12875 ВУ, МПК А01В 49/02 / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин ; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u 20210266 ; заявл. 29.09.2021 ; опубл. 30.04.2022.
3. Лепешкин, Н. Д. Требования к рабочим органам агрегата для основной обработки склоновых земель и выбор их типа / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. научн. ст. по материалам XXV Междунар. научн.-практ. конф. (Гродно, 23 марта 2022 г.) – Гродно: ГГАУ, 2022 – С. 89–91.
4. Лепешкин, Н. Д. К обоснованию типа дискового рабочего органа почвообрабатывающего агрегата для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях / Н. Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 148–157.
5. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
6. Обоснование типа и параметров заделывающих рабочих органов и конструктивной схемы сеялки зернотукотравяной для посева на склоновых землях. Исследование процессов подготовки почвы и механизированного посева семян многолетних трав на откосах мелиоративных каналов : отчет о НИР (заключительный) / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ; рук. темы Н. Д. Лепешкин. – Минск, 2018. – 381 с. – № ГР 20161196.

УДК 631.51

Поступила в редакцию 08.10.2022

Received 08.10.2022

Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mehposev@mail.ru*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИКАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ К ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕМУ АГРЕГАТУ ДЛЯ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ И ВЛАГОЗАДЕРЖАНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований по обоснованию основных параметров опорно-прикатывающего и мульчирующего катков, входящих в состав почвообрабатывающего агрегата для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях.

Ключевые слова: опорно-прикатывающий каток, мульчирующий каток, параметры, диаметр катка, зуб катка, планка катка, уплотнение почвы.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: mehposev@mail.ru*

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE PACKING WORKING BODIES TO THE SOIL TREATMENT UNIT FOR MOISTURE ACCUMULATION AND MOISTURE RETENTION ON SLOPE LANDS

Abstract. The article presents the results of theoretical studies to substantiate the main parameters of the support and mulching rollers included in the tillage unit for moisture accumulation and moisture retention on sloping lands.

Key words: backhoe roller, mulching roller, parameters, roller diameter, roller tooth, roller bar, soil compaction.