

том в виде пружины, что значительно сокращает динамическую нагрузку без возникновения ее колебаний.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнсон, А.А. Строительные краны / А.А. Вайнсон.–М.: Машиностроение, 1969. – 488 с.
2. Мандровский, К.П. Динамика и математическое моделирование движений машин при оценке устойчивости / К.П. Мандровский. – М.: МАДИ, 2012. – 72 с.
3. Пономарев, С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. –

М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.

4. Рыжиков, В.А. Демпфирование колебаний груза в механизме подъема крана / В.А. Рыжиков, Л.А. Туркеничева // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. – 2010. – № 3. – С. 48-50.

5. Крюк с автоматическим запирающим зевом: патент 20828 С1 Респ. Беларусь, МПК В 66С 1/36 / Н.Н.Романюк (ВУ), К.В.Сашко (ВУ), П.В.Клавсуты (ВУ), Н.Н. Шурхай (ВУ); заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № а20130587; заявл. 06.05.2013; опубл. 28.02.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 1. – С.90.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.06.2018

УДК 631.31.02

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА

**В.Я. Тимошенко,**

*доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**П.Н. Логвинович,**

*доцент каф. физики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**А.Н. Прокопья,**

*мл. науч. сотр. ОАО «Приборостроительный завод Оптрон»*

**А.В. Нагорный,**

*ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ*

*В статье предложена конструкция колебательного дискового рабочего органа для улучшения качества обработки почвы и представлены аналитические зависимости для определения его параметров.*

*Ключевые слова: диск, обработка почвы, дисковый рабочий орган, ось вращения.*

*In the article the design of the working body's full disk for improving the quality of tillage is offered and analytical dependences for determination of its parameters are presented.*

*Key words: disk, tillage, disk working body, the axis of rotation.*

### Введение

Обработка почвы является наиболее энергоемкой операцией возделывания сельскохозяйственных культур. Она составляет до 40 % энергетических затрат на производство продукции растениеводства. Основной операцией обработки почвы в Беларуси является отвальная вспашка, после которой проводится предпосевная подготовка почвы с использованием различных культиваторов, борон, дисковых и комбинированных орудий.

Природно-климатические условия Беларуси не позволяют полностью отказаться от вспашки, как это принято в Северной Америке, из-за опасения засорения полей корнеотпрысковыми сорняками. Энергетические затраты на вспашку составляют более половины всех энергозатрат на обработку почвы. По результатам исследований [1] РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» установлено, что в Беларуси можно чередовать вспашку с поверхностной обработкой полей через год.

Для поверхностной обработки полей и предпосевной подготовки почвы, наряду с чизельными, все более широкое применение находят почвообрабатывающие орудия с дисковыми рабочими органами, которые не лишены недостатков. Конструкции их постоянно совершенствуются, как в плане снижения энергоемкости выполняемых технологических процессов, так и в плане повышения качества обработки почвы. В этой связи, рассматриваемые в данной статье вопросы актуальны.

Целью настоящей работы является обзор и анализ работы дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин и обоснование параметров колебательного дискового рабочего органа, обеспечивающего улучшение качества обработки почвы.

### Основная часть

Среди почвообрабатывающих машин большой удельный вес занимают машины с дисковыми рабочими органами. Это объясняется простотой их кон-

струкции, более высокой технологической надежностью, способностью выполнения поверхностной обработки почвы, относительно низкой интенсивностью износа рабочих органов [2].

Диски обеспечивают интенсивное резание растительных остатков, находящихся на поверхности почвы, имеют низкую забиваемость ими, обеспечивают интенсивное крошение почвенного пласта и высокую проходимость в условиях наличия препятствий. Эти показатели являются результатом основного достоинства дискового рабочего органа – наличия постоянно обновляющейся рабочей поверхности. Это позволяет применять его на обработке полей, засоренных пожнивными остатками, исключать залипание поверхности установкой чистиков, дает возможность регулировки плоскости его вращения к направлению движения агрегата, т.е. угла атаки и наклона ее к обрабатываемой поверхности и ряд других. В настоящее время все более широкое распространение находят дискаторы – дисковые орудия с индивидуальным креплением дисковых рабочих органов к раме посредством упругих предохранительных механизмов. Последнее позволяет в полной мере реализовать высокую проходимость дисковых рабочих органов [1], обеспечить микроколебания диска и снизить, тем самым, его сопротивление.

Однако дисковым рабочим органам наряду с отмеченными достоинствами присущ и ряд недостатков, основными из которых следует считать проблему с их заглублением на твердых почвах и недостаточное крошение почвы [1].

Теоретическим исследованиям по обоснованию

параметров различных дисковых рабочих органов посвящены работы В. П. Горячкина [3], Ф. М. Канарева [4], И. М. Панова [5, 6], Г. Н. Синеокова [5, 6, 7, 8], Х. А. Хачатряна [9], В. Ф. Стрельбицкого [10], П. С. Нартова [11, 12], А.Б. Лурье [13] и других ученых.

Одним из направлений их совершенствования является разработка дисковых рабочих органов колебательного типа, которые более эффективно воздействуют на почву и могут обеспечить качественное выполнение технологического процесса при существенном снижении его энергоемкости [1]. Для обеспечения колебательного движения диска применяется ряд способов, таких, как, например, индивидуальная подвеска диска на S-образной стойке с использованием упругих элементов. Современные технические решения интенсификации почвообработки предусматривают применение дисковых рабочих органов с различными вибрационными и импульсными методами воздействия на почву (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что в почвообрабатывающих машинах применяются пять форм дисков. Наибольшее распространение в собственно почвообрабатывающих машинах получили сферические диски разных диаметров и радиусов кривизны, крепящихся на ступицах или осях.

Все перечисленные выше диски, используемые в качестве рабочих органов почвообрабатывающих машин, устанавливаются на осях вращения таким образом, чтобы ось вращения диска была перпендикулярна его плоскости вращения. При такой установке дисков они проделывают в почве канавку опреде-

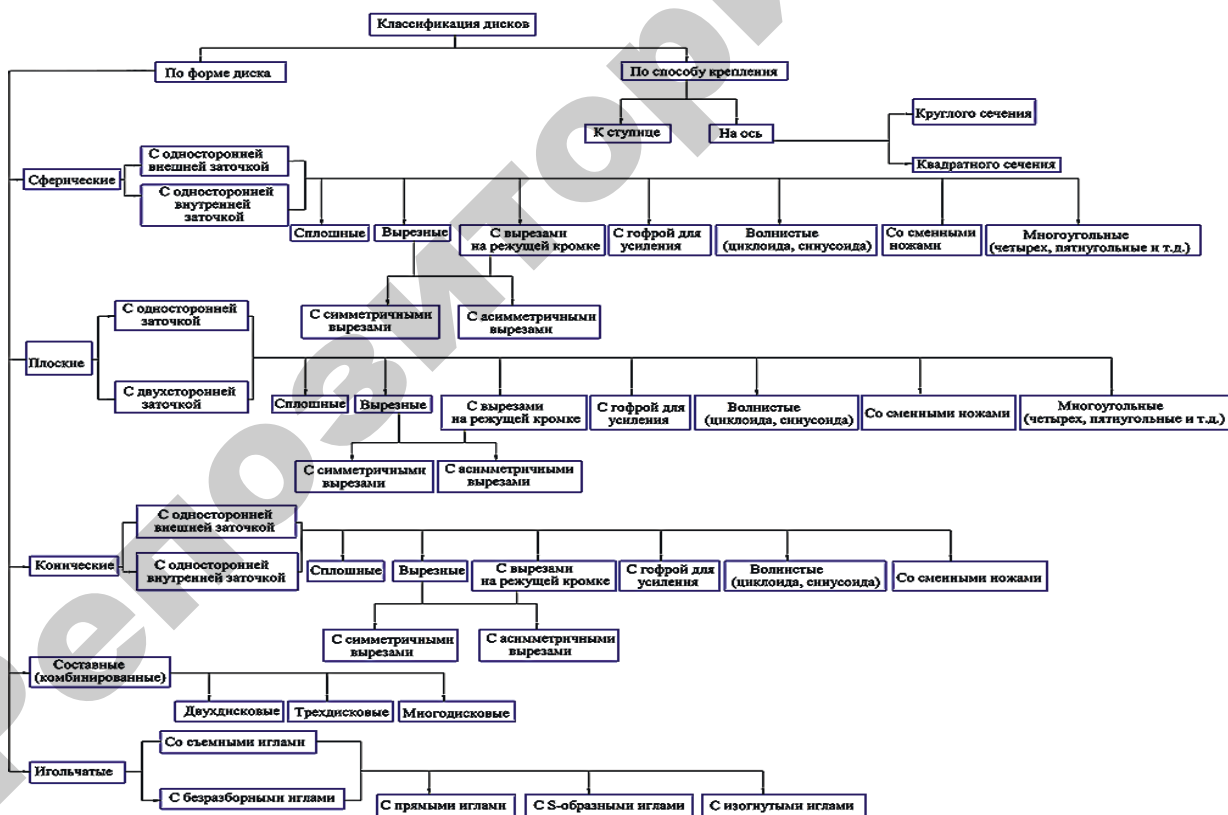


Рис. 1. Классификация дисков, используемых в качестве рабочих органов почвообрабатывающих орудий

ленной ширины, зависящую от диаметра диска, радиуса кривизны его сферы и угла атаки, не совершая при этом колебательного движения. При этом происходит рыхление почвы, вырезаемой из общего массива и выбрасываемой на поверхность каждым диском. Для обеспечения сплошного рыхления поверхности поля диски устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга в несколько рядов, располагая их сферы в противоположные стороны.

Приведенные исследования позволили авторам предложить оригинальный дисковый рабочий орган [14] (рис. 2), где ось вращения сферического диска к плоскости вращения устанавливается не под прямым, а под острым углом. При такой установке диск совершает боковые колебательные движения, при которых осуществляется не только вырезание почвы определенного объема из общего массива, но и тщательное рыхление ее за счет боковых движений диска при поступательном движении орудия.

Колебательные движения диска не исключают необходимости установки их в несколько рядов для обеспечения требуемого качества обработки поверхности поля.

Предложенный дисковый рабочий орган (рис. 2) имеет лево 2 и право 3 оборачивающие рабочие поверхности, закрепленные на плоском диске 1, который имеет угол атаки  $\beta$  и установлен к оси вращения под углом  $\alpha$ .

При поступательном движении орудия, режущие кромки диска будут совершать колебательные движения влево и вправо, проделывая в почве канавку и интенсивно разрыхляя при этом верхний слой почвы.

Пренебрегая скольжением, движение данного диска может быть представлено как поступательно-колебательное движение.

Вначале рассмотрим движение диска ничтожно малой толщины (рис. 3), чтобы представить, какую линию будет описывать воображаемый диск  $CC$  на поверхности почвы.

Если точка  $O$  движется поступательно со скоростью  $V$  в направлении оси  $Ox$ , то за время  $t$  диск повернется на угол:

$$\varphi = \omega \cdot t, \quad (1)$$

где  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$  – угловая скорость вращения диска, рад/с;

$n$  – число оборотов в единицу времени,  $c^{-1}$ .

Тогда

$$\omega = \frac{V}{R \cdot \cos \beta}, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр диска, м;

$$R = \frac{D}{2} \text{ – радиус диска, м.}$$

Диск пройдет по поверхности почвы путь:

$$x = \varphi \cdot R = \frac{V \cdot t}{\cos \beta}. \quad (3)$$

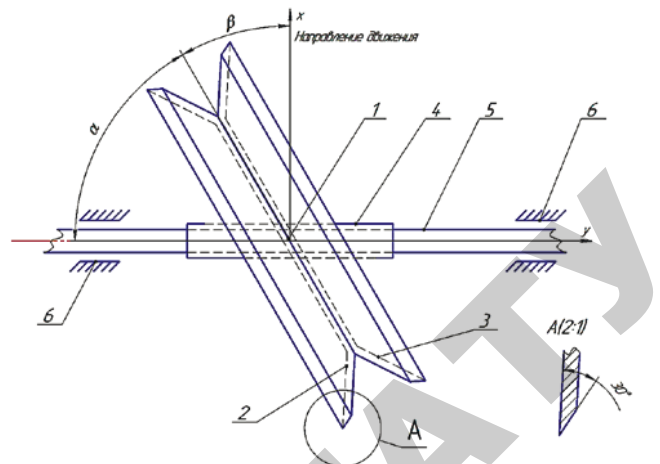


Рис. 2. Дисковый рабочий орган почвообрабатывающей машины:  
1 – плоский диск; 2 – левооборачивающая рабочая поверхность; 3 – правооборачивающая рабочая поверхность; 4 – ступица; 5 – ось вращения;  $\beta = 30^\circ$  – угол атаки;  $\alpha$  – острый угол к плоскости вращения диска;  $\alpha + \beta$  – прямой угол к направлению движения

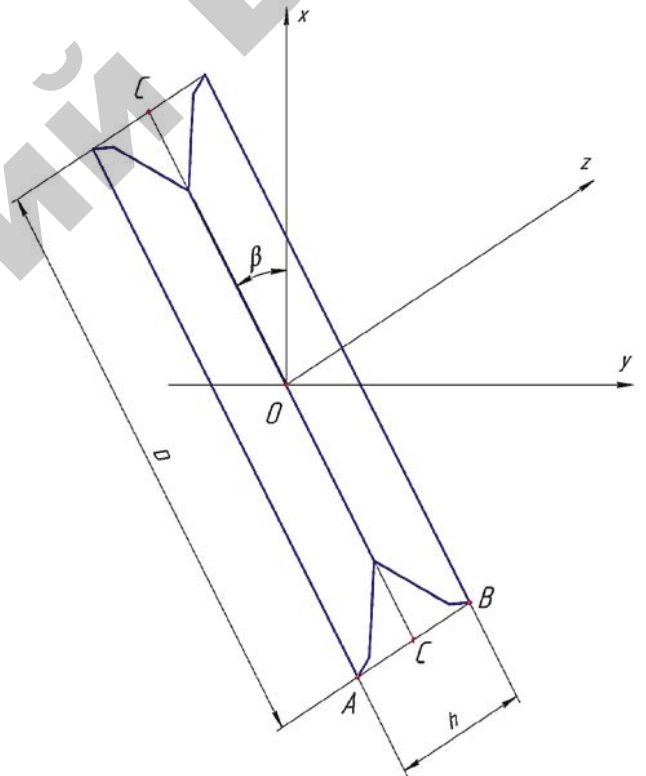


Рис. 3. Схема для определения траектории движения диска:  
 $D$  – диаметр диска;  $h$  – толщина диска;  $\beta$  – угол атаки

При этом, одновременно совершая колебательное движение вдоль оси  $Oy$ , он сместится по ней на расстояние:

$$y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \omega \cdot t = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{V \cdot t}{R \cdot \cos \beta}. \quad (4)$$

Откуда

$$y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{x}{R}. \quad (5)$$

Т.е. линия, описываемая диском  $CC$ , выглядит так, как представлено на рис. 4.

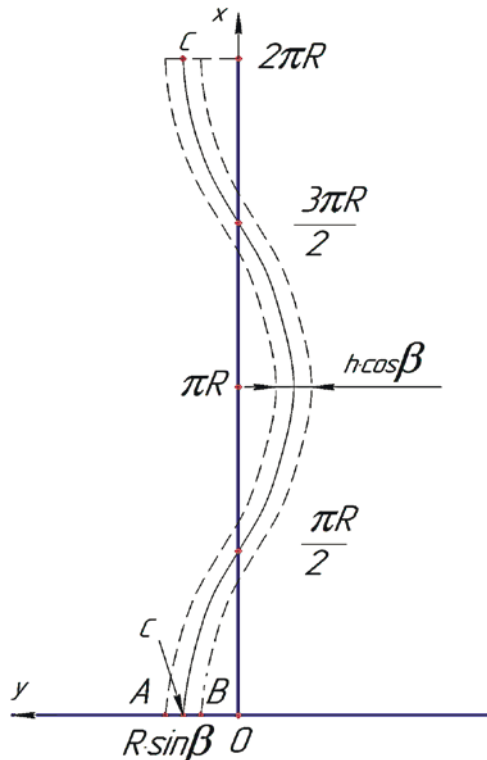


Рис. 4. Линия, описываемая диском за один его оборот

Если диск имеет конечную толщину  $AB=h$ , то он оставит борозду шириной  $h \cos \beta$ , края которой по глубине будут также синусоидального вида.

$$z = \frac{h}{2} \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{x}{R}, \quad (6)$$

где  $\frac{h}{2} \cdot \sin \beta$  – амплитуда колебаний по глубине.

На рис. 5 представлен график перемещения плоского диска, когда ось его вращения с плоскостью вращения не перпендикулярны, а также схемы траектории движения точки  $A$ . Из рисунка 2 видно, что плоскость вращения диска 1 отклонена от направления движения агрегата на угол  $30^\circ$  и жестко зафиксирована на оси. При поступательном движении диск 1 колеблется слева направо и справа налево.

Зная математическую зависимость движения диска с определенными параметрами на определенной глубине по поверхности обрабатываемого поля, представляется возможным рассчитать расстояния между дисками на оси, противофазы установки дисков, следующих за дисками первого ряда, и количество рядов дисков для обеспечения необходимого качества обработки почвы.

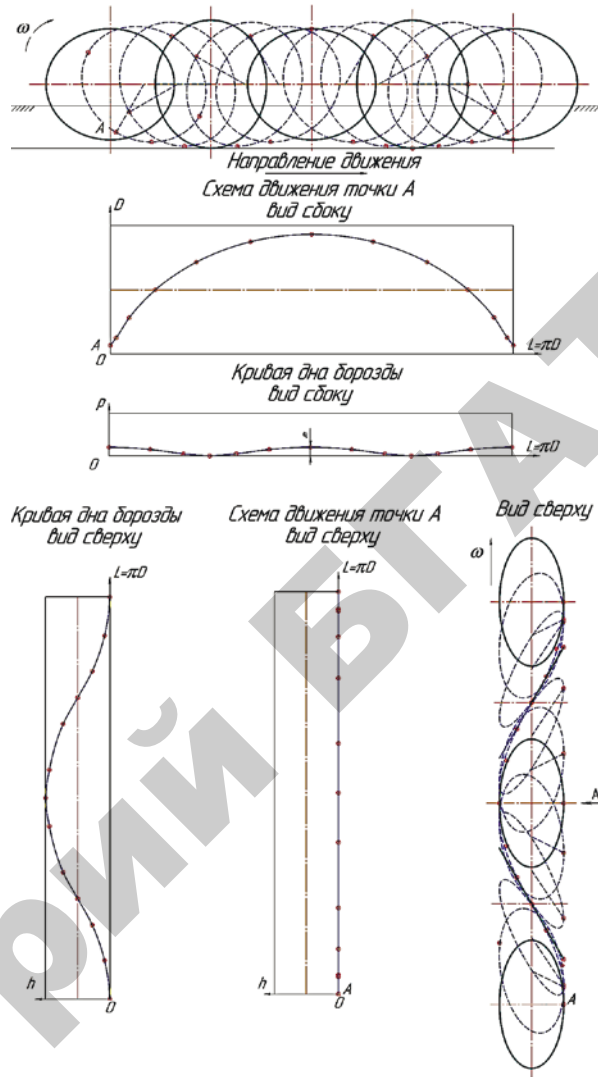


Рис. 5. Траектория движения точки при одном обороте диска (угол атаки  $\beta = 30^\circ$ ):  
 $p$  – глубина обработки почвы;  $D$  – диаметр диска;  
 $t$  – расстояние между наименьшей и наибольшей глубиной обработки;  $h$  – ширина обрабатываемого участка почвы;  $L$  – длина окружности

### Заключение

1. Дисковые рабочие органы широко используются в качестве рабочих органов различных почвообрабатывающих машин в силу целого ряда их преимуществ в сравнении с другими рабочими органами.
2. Важнейшим преимуществом дисковых рабочих органов перед остальными является наличие постоянно обновляющейся рабочей поверхности, что позволяет им перекапываться через препятствия без забивания и залипания, и качественно подрезать и перерезать растительные и пожнивные остатки.
3. Предложенная авторами конструкция дискового рабочего органа почвообрабатывающей машины, совершая поперечные колебательные движения



при продольном перемещении агрегата, позволяет значительно улучшить качество обработки почвы.

4. Полученная математическая зависимость траектории движения диска по полю в функции его параметров и режима работы дает возможность определить расстояние между дисками на оси, противофазы установки дисков, следующих за дисками первого ряда, и количество рядов (батарей) дисков для обеспечения необходимого качества обработки почвы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахапов, Р.Л. Теоретические основы колебательных рабочих органов культиваторов / Р.Л. Сахапов. – Казань: КФЭИ, 2001. – 194 с.

2. Сохт, К.А. Дисковые бороны и луцильники. Проектирование технологических параметров: учеб. пособие / К.А. Сохт, Е.И. Трубилин, В.И. Коновалов. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – 164 с.

3. Горячкин, В.П. Собрание сочинений. – М., 1965. – Т. 1-2.

4. Канарев, Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф.М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.

5. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.

6. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 311 с.

7. Синеоков, Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. Теория и расчет / Г.Н. Синеоков. – М.: Машгиз, 1949. – 86 с.

8. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 308 с.

9. Хачатрян, Х.А. Работа сельскохозяйственных агрегатов на сильно пересеченной местности. – Ереван: АН Арм. ССР, 1965. – 238 с.

10. Стрельбицкий, В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В.Ф. Стрельбицкий. – М.: Машиностроение, 1978. – 218 с.

11. Нартов, П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: ВГУ, 1972. – 182 с.

12. Нартов, П.С. Расчет и проектирование специальных лесных машин: учеб. пос. / П.С. Нартов. – Воронеж: ВГУ, 1975. – 210 с.

13. Лурье, А.Б. Расчет и конструкция сельскохозяйственных машин / А.Б. Лурье, А.А. Громбчевский. – Л.: Машиностроение, 1977. – 528 с.

14. Дисковый рабочий орган почвообрабатывающей машины: пат. 22082 Респ. Беларусь / В.Я. Тимошенко, В.В. Ярош, А.Н. Прокопеня; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич.ун-т; заявл. 19.09.2016; опубл. 27.04.2018.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.07.2018

УДК 631.356:005.512:635.132(043.2)

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МОРКОВИ

**И.А. Барановский,**

*науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук*

**А.С. Воробей,**

*науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук*

*В статье рассмотрен вопрос развития механизации уборки моркови в Республике Беларусь. Обозначены проблемы уборки моркови. Предложен метод расчета по обоснованию формы подкапывающих лап, способных обеспечить лучшее разрушение связи моркови с почвой.*

*Ключевые слова: комбайн, уборка моркови, вибрация, подкапывающий рабочий орган.*

*The development of mechanization of carrot harvesting in the Republic of Belarus is considered in the article. Problems of carrots cleaning are marked. The calculation method for substantiating forms of undermining paws, capable of providing the best destruction of the connection of carrots with the soil is proposed.*

*Key words: harvester, harvesting carrots, vibration, undermining working on.*

### Введение

В структуре посевных площадей овощных культур открытого грунта столовые корнеплоды занимают около 30 тыс. гектаров, или 45, 2 % . Из возделываемых

столовых корнеплодов морковь занимает 10,6 тыс. гектаров (35,3 %), столовая свекла – 8,1 тыс. гектаров (27 %). Урожайность столовой моркови составляет в среднем около 280 центнеров с гектара, столовой свеклы – 230 [1].