

УДК 631.319

UDC 631.319

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ
ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО
ПАХОТНОГО АГРЕГАТА**

**THEORETICAL SUBSTANTIATION OF CON-
STRUCTIVE-REGIME PARAMETERS OF THE
COMBINED ARABLE UNIT**

Эркенов Анзор Назирович
инженер

Erkenov Anzor Nazirovich
engineer

Шекихачев Юрий Ахметханович
д.т.н., профессор

Shekihachev Yury Ahmethanovich
Dr.Sci.Tech., professor

Хажметов Лиуан Мухажевич
д.т.н., профессор

Hazhmetov Liuan Muhazhevich
Dr.Sci.Tech., professor

Гергокаев Джамал Абушевич
д.с.-х.н., профессор

Gergokaev Dzhamal Abushevich
Dr.Sci.Agr., professor

Сабанчиев Хусейн Хажисмелович
д.т.н., профессор
*Кабардино-Балкарская государственная сельско-
хозяйственная академия им. В.М.Кокова, Нальчик,
Россия*

Sabanchiev Hussein Hazhismelovich
Dr.Sci.Tech., professor
*Kabardino-Balkarian state agricultural academy of
V.M.Kokov, Nalchik, Russia*

В статье рассмотрены вопросы обоснования и рас-
чёта основных конструктивно-режимных парамет-
ров комбинированного пахотного агрегата в соста-
ве плуга и ротационного рабочего органа активно-
го действия с горизонтальной осью вращения

In the article, questions of a substantiation and calcula-
tion of the basic constructive-regime parameters of the
combined arable unit as a part of a plough and rota-
tional working body of active action with a horizontal
axis of rotation are considered

Ключевые слова: АГРЕГАТ, ПОЧВА, ОБРАБОТ-
КА, ПАРАМЕТРЫ, РЕЖИМЫ

Keywords: UNIT, SOIL, PROCESSING, PARAME-
TERS, MODES

Анализ конструкций почвообрабатывающих машин с принуди-
тельным приводом рабочих органов следует, что наибольшее распростра-
нение в сельском хозяйстве получили почвообрабатывающие фрезы, рота-
ционные и комбинированные плуги и машины со шнековыми рабочими
органами.

Параметры некоторых ротационных почвообрабатывающих машин
достаточно полно изучены и обоснованы в работах А.Д. Далина, П.М. Ва-
силенко, И.М. Панова, И.С. Полтавцева, И.М. Гринчука, Ю.И. Матюшина,
Г.Ф. Попова, Ф.М. Канарева, И.С. Имамова и др.

С целью систематизации, а также учета достижений последних
разработок отечественных и зарубежных ученых, вопросы теории и расче-
та рассмотрим на примерах машин с ротационными рабочими органами.

Поскольку ротационные почвообрабатывающие машины, в частности, почвообрабатывающие фрезы, отличаются высокой энергоёмкостью. Поэтому одним из важных вопросов их теоретического изучения остаётся поиск параметров, обеспечивающих снижение энергоёмкости фрезерования [1].

В данной статье рассмотрены вопросы обоснования и расчёта основных геометрических параметров в составе плуга с горизонтальной осью вращения.

Ножи ротационного рабочего органа активного действия (РРОАД) комбинированного пахотного агрегата (КПА) вращаются по ходу его движения и вначале внедряются в почвенный пласт сверху вниз. Резание осуществляется лезвием плоского ножа.

Без учёта толщины ножа его проекция или проекция его рабочей поверхности на плоскости вращения, перпендикулярной оси вращения барабана, представляет отрезок прямой. Траектория точки движущейся рабочей поверхности – удлинённая циклоида (трохоида).

Обработку почвенного пласта ножом барабана РРОАД или фрезерование можно рассматривать как процесс, включающий три фазы:

- резание пласта ножом;
- ударное воздействие рабочей поверхности ножа на почвенные комки, сопровождаемое их крошением;
- транспортирование частиц почвы по боковой поверхности ножа, сопровождаемое взрыхлением пласта.

Цель теоретического исследования - обоснование основных конструктивно-режимных параметров КПА в составе лемешного плуга и РРОАД с горизонтальной осью вращения.

В теоретических исследованиях использованы методы математического и численного анализа, теоретической механики, программирования.

После обработки лемешным плугом почва становится разделенной на комки различного размера. Поверхность почвы при этом приобретает гребнистый рельеф.

Для выравнивания гребнистого рельефа поля, снижения избыточной вспушенности почвы и дополнительного крошения крупных почвенных агрегатов с одновременным мульчированием поверхности растительными остатками предлагается применить РРОАД.

Выравнивание гребнистого рельефа поля и снижение избыточной вспушенности почвы осуществляется цилиндрической поверхностью барабана.

При этом следует стремиться принимать наименьшую величину диаметра барабана D_B , так как чем меньше этот диаметр, тем меньше металлоемкость рабочего органа.

Диаметр барабана D_B , согласно [2], подбирается из условия максимального размера разрушаемых почвенных комков $h_{ПК_{max}}$ или из условия возможности перекатывания через комки почвы при встрече с ними, сопровождающееся либо их разрушением, либо вдавливанием в почву.

Аналитически это условие можно записать следующим образом:

$$D_B \geq \frac{2h_{ПК_{max}}}{1 - \cos t}, \quad (1)$$

где t - угол защемления почвенного комка, град, равный:

$$t = j_{ПК} + j_{НК}, \quad (2)$$

где $j_{ПК}$ - угол трения почвы о почву, град;

$j_{НК}$ - угол трения почвы о материал ножа, град.

Другой подход [3] состоит в том, что диаметр барабана выбирается из соотношения максимальной глубины обработки к диаметру барабана, равном 0,5:

$$\frac{h_{OB\max}}{D_B} = 0,5. \quad (3)$$

Однако при таком конструктивном оформлении трудно размещать узлы привода вала ротора.

Полтавцев И.С. [4] рекомендует для уменьшения затрат энергии увеличить диаметр. Ограничением здесь могут быть размеры и всего агрегата.

У ротационных машин для поверхностной обработки почвы величину диаметра барабана следует выбирать с таким расчетом, чтобы при максимальной глубине обработки обеспечивалось достаточное расстояние от поверхности до вала вращения. В противном случае будет происходить наматывание сорняков на вал барабана. При малом диаметре для обеспечения требуемой окружной скорости режущего ножа необходимо большее число оборотов, что сопровождается повышенным износом рабочих органов, вала, подшипников и чрезмерным распыливанием почвы. Однако не следует допускать и чрезмерного увеличения диаметра барабана, так как в этом случае агрегат может получиться громоздким и тяжелым.

Синеоков Г.Н. и Панов П.М. [5] рекомендуют принимать для ориентировочных расчетов

$$D_B = (2,5\text{K}5)h_{OB\max}. \quad (4)$$

Докин Б.Д. [6] рекомендует диаметр барабана увеличить по сравнению с $h_{OB\max}$ на 3...4 см, т.е. для пропашных фрез следует исходить из соотношения

$$\frac{h_{OB\max}}{D_B} = 0,35\text{K}0,4. \quad (5)$$

Полтавцев И.С. [4] для ротационных машин, имеющих небольшую частоту вращения, предлагает выражение

$$\frac{2h_{OB\max}}{D_B} = 0,38\text{K}0,5. \quad (6)$$

На основании изложенного, для предлагаемого РРОАД можно принять $D_b = 40\text{К}50$ см.

Как и в случае с диаметром барабана, к вопросу выбора числа ножей на барабане различные ученые подходят по разному.

Так, Докин Б.Д. [6] исследовал зависимость толщины стружки C и числа оборотов ротора n от количества ножей z на одной стороне диска $C = f(z)$ и $n = f(z)$ при постоянных значениях числа ножей и глубины обработки h . По результатам исследований он рекомендует для средне- и тяжелосуглинистых почв число ножей на одной стороне диска выбирать, равным трем.

Другие исследователи Канев Н.Ф. и Ефимов Д.Н. [7, 8] рекомендуют принимать число ножей на диске, равное шести.

Синеоков Г.Н. и Панов П.М. [5] считают, что на диске барабана с одной стороны следует устанавливать 2...4 ножей. При этом меньшее количество ножей рекомендуется выбирать для пропашных фрез с небольшим диаметром барабана, а большее – для болотных фрез и ротационных плугов. К примеру, при малых диаметрах барабана для получения соответствующей скорости резания следует уменьшить число ножей, увеличив число оборотов для сохранения заданной подачи. Эти рекомендации касаются в основном активных рабочих органов.

Кузнецов Ю.И. [9] применяя установку, укомплектованную дисками с двумя, тремя, четырьмя, шестью и восемью ножами установил, что шести- и восьминожевые рабочие органы забиваются и работают неудовлетворительно. Исходя из этого основное внимание было уделено трех- и четырехножевым рабочим органам.

Полтавцев И.С. [4] рекомендует принимать число ножей в зависимости от принятой величины подачи на основании требований к степени разрыхления почвы. Стремясь к минимальному распылению почвы, автор рекомендует число ножей рассчитывать по выражению

$$z = \frac{60V_{II}}{nS_H}, \quad (7)$$

где V_{II} - поступательная скорость рабочего органа, м/с;

n - частота вращения барабана, об/мин;

S_H - величина подачи на нож, м.

Частота вращения барабана равна

$$n = \frac{60V_{ОКР}}{pD_B}, \quad (8)$$

где $V_{ОКР}$ - окружная скорость рабочего органа, м/с;

D_B - диаметр барабана, м.

Подача на нож определяет важнейший агротехнический показатель – степень крошения почвы.

С точки зрения уменьшения энергетических затрат на обработку почвы следует выбирать максимально возможную величину подачи на нож S_H , допускаемую агротехническими требованиями по показателям степени крошения почвы.

Подача на нож зависит от диаметра барабана РРОАД, количества ножей на барабане и кинематического коэффициента.

При выборе подачи на нож можно воспользоваться данными табл. 1 [6], которые показывают, что величина подачи на нож колеблется даже для машин одного класса. Поэтому обычно задаются определенным диапазоном подач, обеспечивающих качество обработки при возможном многообразии обрабатываемых почв.

С точки зрения уменьшения энергетических затрат следует выбирать максимально возможную подачу, допускаемую агротехническими требованиями по показателю степени крошения почвы.

Таблица 1 – Величина подачи на нож и скорости резания для различных типов почв

Тип почвы	Подача (см) при скорости резания 4...5 м/с	Скорость резания (м/с) при подаче 5...10 см
Легкий суглинок	12...20	2,5...3,5
Средний суглинок	10...15	3...4
Тяжелый суглинок	6...10	4...5
Тяжелая глина	4...6	6...7
Моховое поле	5...6	5...6
Лугоболотная связная дернина	4...6	6...7

Для случая, когда РРОАД агрегируется с трактором ДТ-75М при максимальной скорости $V_{II} = 6,35 \text{К} 7,75$ км/ч и при диаметре барабана $D_o = 40 \text{К} 50$ см получим:

- отношение окружной скорости барабана к поступательной скорости трактора $I = 4...5$;

- число оборотов барабана $n = 138 \text{К} 210$ об / мин ;

- подача на нож $S_H = 12 \text{К} 21$ см ;

- количество ножей одной секции $z = 1,7 \text{К} 4,3$ шт .

Учитывая агротехнические и энергетические требования, специфические условия работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата, а также результаты расчета, принимаем число ножей по окружности, равное трем.

Угол атаки выбирается исходя из агротехнических требований и условий работы рабочего органа. При этом следует учитывать, что по мере увеличения угла атаки слой почвы перемещается на большее расстояние,

сильнее деформируется, интенсивнее перемешивается, лучше оборачивается.

Длина ножа РРОАД будет определяться глубиной обработки. Ее можно рассчитать по выражению

$$l_H = h_{OB} \sqrt{\frac{D_B}{h_{OB}} + 1}, \quad (9)$$

где D_B - диаметр барабана РРОАД, м;

h_{OB} - глубина обработки почвы, м.

Графическое изображение зависимости длины ножа от глубины обработки приведено на рис. 1 (при различных радиусах барабана РРОАД).

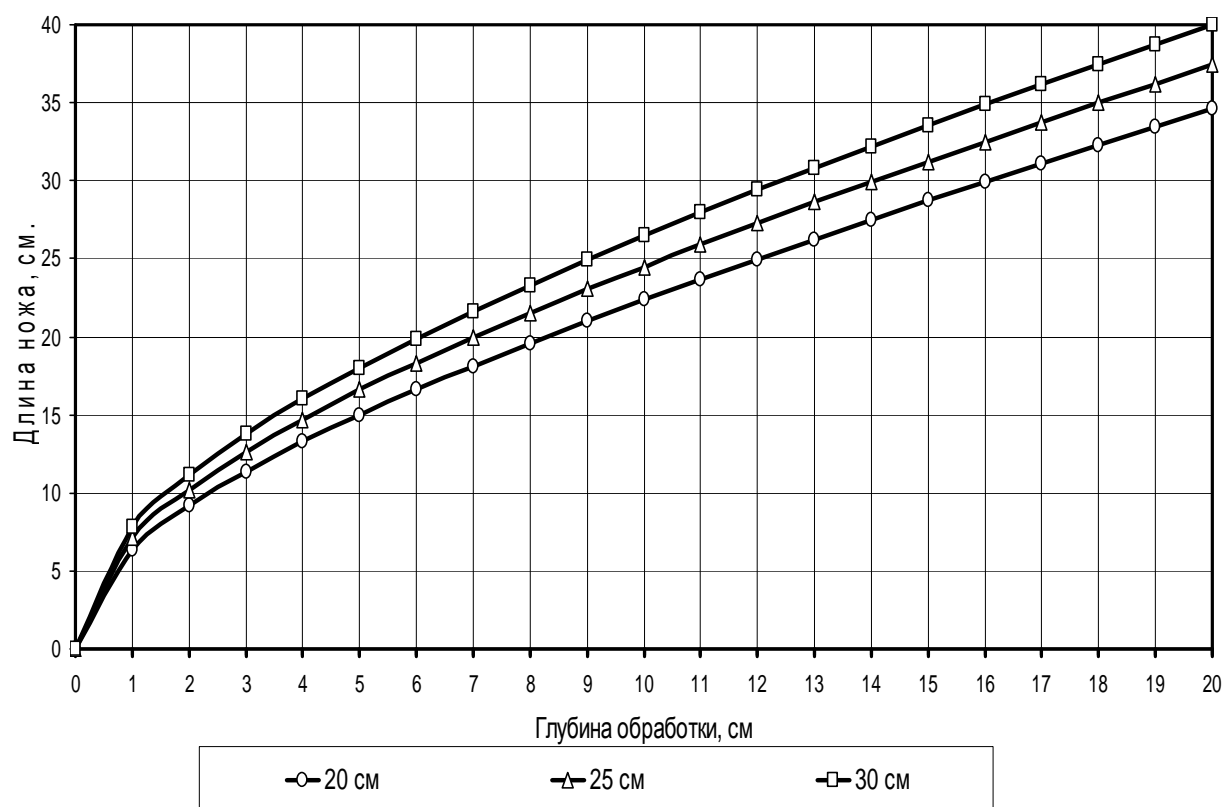


Рисунок 1 - Зависимость длины ножа от глубины обработки при различных радиусах барабана

Видно, что при глубине предпосевной обработки почвы 5...10 см при радиусах барабана 20, 25 и 30 см длина ножа будет равна 15...26 см.

Толщину ножа Яцук Е.П. и др. [5, 10] рекомендуют выбирать из условия прочности. В случае, когда толщина ножа превышает 12...16 мм, сопротивление резанию значительно возрастает. Рациональным значением толщины ножа является 8 мм.

Шаг секции ножей определяется шириной обрабатываемой полосы одной секцией, углом атаки РРОАД и его конструктивными параметрами. Его можно рассчитать по выражению

$$t_c = (D_B + 2h_{OB}) \cos b_0 \operatorname{tg} g_B, \quad (10)$$

где b_0 - угол установки ножа, град;

g_B - угол атаки РРОАД, град.

Количество секций ножей определится по выражению:

$$z_c = 1 + \frac{B_{пл}}{B_c} = 1 + \frac{B_{пл}}{(D_B + 2h_{OB}) \cos b_0 \operatorname{tg} g_B}. \quad (11)$$

где $B_{пл}$ - ширина захвата плуга, м.

Таким образом, фактическую ширину захвата РРОАД можно определить по выражению:

$$B_{B(\Phi)} = t_c (z_c - 1) \cos g_B. \quad (2.y1)$$

Список использованной литературы

1. Кирюхин, В.Г. Исследование деформации почвы при вспашке [Текст] / В.Г. Кирюхин // Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 7.- М., 1969.- С. 42-50.
2. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Н.И. Кленин, В.А. Сакур, - М.: Колос, 1994. - 751 с.
3. Sohne, W. Einfluss von Form und Anordnung der werkzeuge auf die Ubertragungswerk von Ackerfrase [Текст] / W. Sohne // Yusunlagen der Landtechnik.- 1957.- PP. 696-707.
4. Полтавцев, И.С. Фрезерные каналокопатели [Текст] / И.С. Полтавцев.- Киев: Машгиз, 1954.- 130 с.

5. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г.Н. Синеоков.- М.: Машиностроение, 1977.- 325 с.
6. Докин, Б.Д. Обоснование параметров и режимов работы пропашных фрез [Текст] / Б.Д. Докин // Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 20.- М., 1965.- С. 38-40.
7. Ефимов, Д.Н. Исследование геликоидального процесса фрезерования луго-воболотных почв [Текст] / Д.Н. Ефимов // Новые машины, оборудование, средства автоматизации.- М., 1965.- С. 84-89.
8. Канаев, Н.Ф. роторный (фрезерный) культиватор для каменистых почв с обратным направлением вращения [Текст] / Ф.М. Канаев // Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 20.- М., 1965.- С. 84-88.
9. Кузнецов, Ю.Н. Изыскание рабочих органов для предпосевной обработки почвы [Текст] / Ю.Н. Кузнецов // Труды ВИМ, т. 61.- М., 1975.- С. 265-281.
10. Яцук, Е.П. Ротационные почвообрабатывающие машины [Текст] / Е.П. Яцук, И.М. Панов, Д.Н. Ефимов.- М.: Машиностроение, 1971.- 255 с.