

УДК 631.316.6 + 631.319.2

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ РАЗМЕРНЫМИ И РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРОВ

¹Анутов Р.М., ²Котельников В.Я., ³Козьявин А.А., ²Котельников А.В., ⁴Тищенко Д.Е.¹Грязинский культиваторный завод, Грязи;²Юго-Западный госуниверситет, Курск, e-mail: rotor9090@mail.ru;³ККГСХА, Курск;⁴ГКЗ, Грязи

Установлена аналитическая зависимость размерными и режимными параметрами кинематики сепарирующих рабочих органов культиватора.

Ключевые слова: культиваторы, экологическая обработка почвы, сохранение влаги, энергии, времени и средств

THE ANALYTICAL RELATIONSHIP BETWEEN THE DIMENSIONAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF SEPARATING THE WORKING BODIES OF CULTIVATORS

¹Anutov R.M., ²Kotelnikov V.Y., ³Kozyavin A.A., ²Kotelnikov, A.V., ⁴Tishchenko D.E.¹Gryazinsky cultivator plant, Gryazi;²Southwestern State University, Kursk, e-mail: rotor9090@mail.ru;³KKGSKHA, Kursk;⁴SRC, Gryazi

An analytical dependence of the dimensional and operational parameters of the kinematics of separating the working bodies of the cultivator.

Keywords: cultivators, environmental soil moisture retention, energy, time and money

При выполнении технологического процесса, концы пальца и радиус сепарирующего пруткового ротора описывает таутохонную циклоидальную траекторию, по которой они движутся в почве. Эта траектория является энергосберегающей. Она обладает тем замечательным свойством, поскольку обеспечивает минимальное время движения почвенных частиц по рабочему контуру лобовой поверхности стойки, а следовательно, достигает минимальных значений затрат мощности на обработку по-

чвы. Это условие определяется уравнением циклоиды:

$$x = R(\alpha' i - \sin \alpha');$$

$$y = R(1 - \cos \alpha'),$$

где α' – угол поворота пальца от вертикального радиуса; i – передаточное число тормоза; R – радиус диска ротора сепаратора.

Углы поворота α' пальца в точке перегиба и соответствующие им углы γ_{\max} наклона касательных приведены в таблице.

Экстремальные значения углов γ_{\max} наклона касательной к траектории движения конца пальца и соответствующие им значения угла α' поворота пальца в зависимости от передаточного числа тормоза

Передаточное число тормоза, i	1	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Угол наклона касательной, γ_{\max}	90	65,5	41,7	30,0	23,4	19,5	16,5	14,5	12,5	11,7	10,5	9,6
Угол поворота пальца до точки перегиба, α'	0	24,5	48,3	60,0	66,6	70,5	73,5	75,5	77,5	78,3	79,5	80,4

Они построены по уравнениям:

$$\gamma_{\max} = \arcsin \frac{1}{i}$$

и

$$\alpha' = \frac{\pi}{2} \gamma_{\max}.$$

наклона касательной уменьшается от $\frac{\pi}{2}$ до

$\frac{\pi}{20}$, а угол α' поворота вертикального пальца до точки перегиба возрастает пропорци-

При увеличении передаточного числа тормоза от 1 до 6 экстремальный угол γ_{\max}

онально передаточному числу от 0 до $\frac{9\pi}{20}$.

На рис. 1 приведена зависимость текущих значений γ от α' для передаточных чисел I тормоза от 1 до 5. Точки экстремальных значений углов γ_{\max} соединены пунктирной линией. При $i \rightarrow \infty$ угол наклона касательной $\gamma \rightarrow 0$. Это условие соблюдается при полностью заторможенном диске, когда траектория движения конца пальца вырождается в прямую линию.

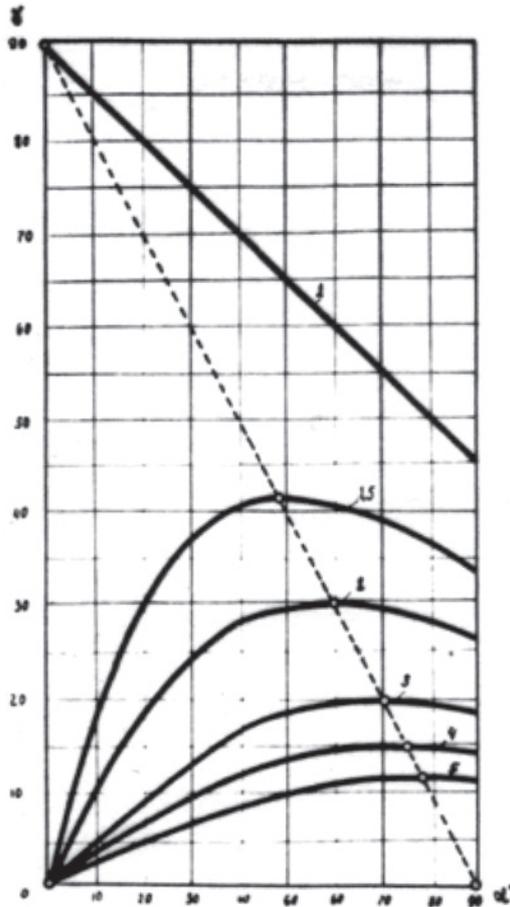


Рис. 1. Зависимость угла γ наклона касательной к траектории движения от угла α' поворота пальца

На рис. 2 приведены два графика: первый из них определяет экстремальные значения углов γ_{\max} наклона касательных в точке перегиба в зависимости от передаточного числа i , а второй – значения углов α' поворота пальца до точки перегиба в этой же функции i . Чтобы воспользоваться значениями $\gamma_{\max} = f(i)$ и $\alpha' = f(i)$ при проектировании рабочих органов и технологического процесса, нужно проверить по выбранным параметрам диска, передаточного числа тормоза и заданной глубины обработки почвы предельное значение угла γ_{\max} по уравнению:

$$\gamma_{\max} = \arcsin \frac{1}{i} \quad \text{и} \quad \alpha' = \arccos \frac{1}{i}$$

или
$$\gamma_{\max} = 1 \frac{\pi}{2} - \alpha'.$$

По уравнению:

$$\alpha' = \arccos \left(1 - \frac{h_{\max}}{R} \right).$$

1 – Экстремальные значения углов γ_{\max} наклона касательных в точке перегиба в зависимости от передаточного числа i .

2 – Значения углов α' поворота пальца до точки перегиба в этой же функции i определяют угол поворота пальца до точки пересечения с поверхностью поля. По таблице или графикам, (рис. 2), находят угол γ , соответствующий заданному углу поворота α' и передаточному числу I тормоза. Тогда расчетный угол γ_{\max} должен быть меньше табличного или равен ему. Если точка перегиба находится выше или на линии дневной поверхности поля, то передаточное число можно выбирать по условию:

$$I = \frac{1}{\sin v_{\max}} = \frac{1}{\sin \theta}.$$

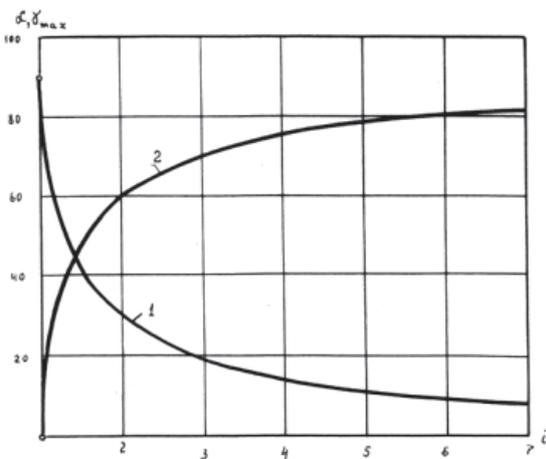


Рис. 2. Зависимость экстремальных значений углов γ_{\max}

Скорость резания почвы и ее сепарация пальцами диска и прутками ротационной батареи, всегда меньше поступательной скорости V_a и α' от передаточного числа, i тормоза. На рис. 3 приведена схема графоаналитического исследования режима скорости для двух точек пальца, находящегося на поверхности поля (точка α) и на глубине хода α' . Траектории движения построены для горизонтального пальца (точки b, b'').

При анализе движения диска радиусом oa' со скольжением заменяем качением мнимого диска oa'' без скольжения. Тогда полюс P перемещается по линии $a''p$, а точка p является полюсом скоростей для всех точек, принадлежащих кругу радиусом op .

По треугольнику ptk определяем модуль промежуточных скоростей пальца:

$$V = V_a + \omega Ri.$$

Начало траекторий b , b' и b'' выбрано на точках, принадлежащих действительному

и мнимому радиусам, отношение которых равно:

$$\frac{b'o}{b'j} = i.$$

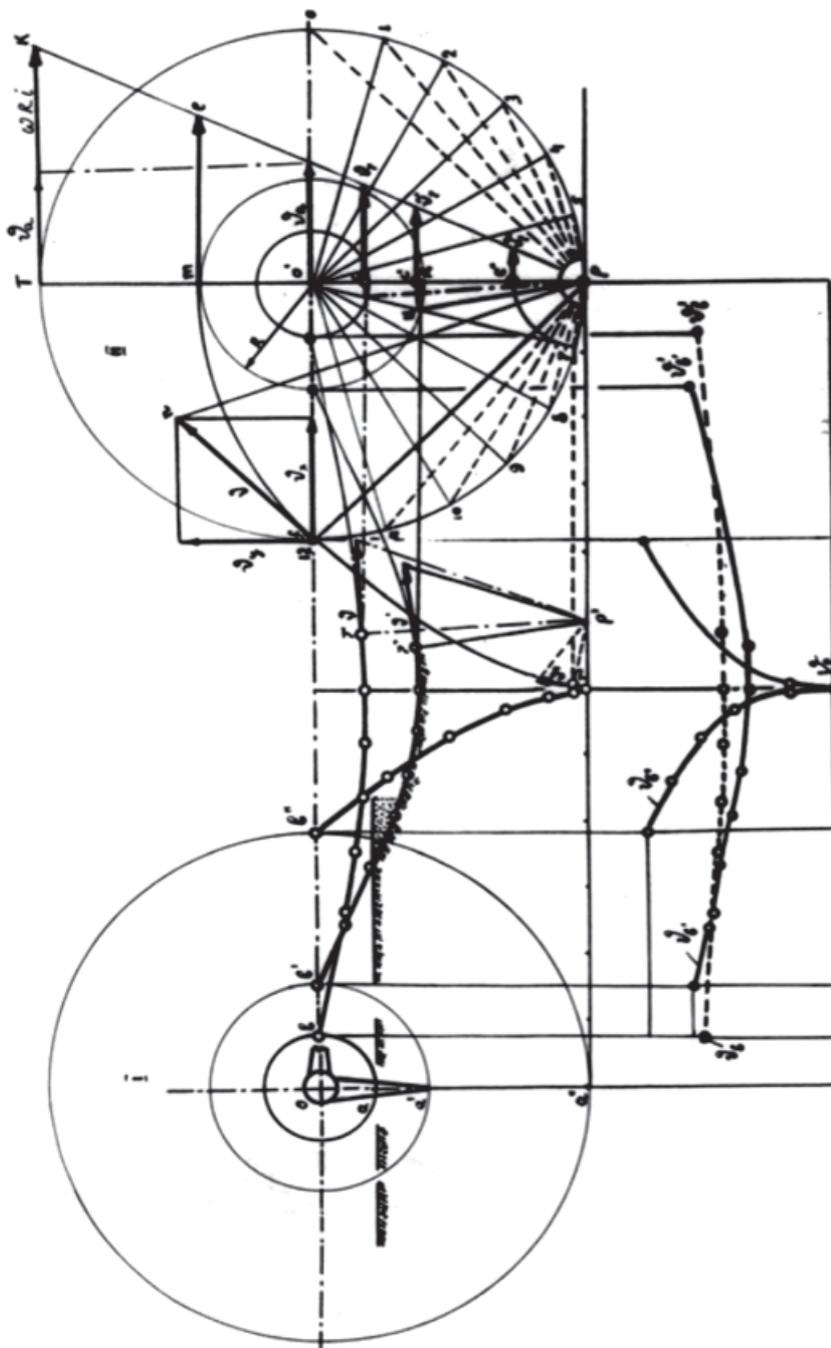


Рис. 3. Исследование режима скоростей рабочих органов ротационного культиватора

Из сопоставления траекторий b , b' , b'' видно, что с увеличением передаточного числа тормоза кривизна их уменьшается.

В соответствии с траекториями, при увеличении передаточного отношения, уменьшаются пределы изменения скоростей. Для

точки b'' , где передаточное число равно 1, перепад скоростей $V_{b''}, V_0$ больше, чем для точки b , пересечения пальца с поверхностью поля, и точки b' , лежащей на подошве обрабатываемого пласта. Полный спектр промежуточных значений скоростей для точек, лежащих на части пальца, погруженной в почву, можно получить, проецируя векторы $7''$ и $7'$ на вертикальный радиус до пересечения с окружностью R . Например, точку $7''$ проецируем на окружность в точку u .

Соединяя эту точку u с полюсом p , получаем радиус-вектор pu . Делая засечку на вертикальный радиус $o'r$ и проводя вектор $c'v'_{7''}$, найдем модуль скорости конца пальца в точке $7''$. Переносим скорости фиксированных точек на вертикальный радиус, получаем графики огибающих скоростей V_b, V'_b . Таким образом, определяем скорости любой точки пальца по обратному методу переноса их на окружность, и затем проецируем на траектории движения. После этого откладываем вертикальные отрезки в масштабе скоростей под соответствующими точками этих траекторий и соединяем плавной кривой. Порядок построения следующий: делим окружность на равные части. Точки деления 1, 2, 3, 12 соединяем с полюсом p . Радиусами – векторами их точек (например, точки 7) деления окружности проводим дугу до пересечения с линией tr . Из точки c'' пересечения радиуса – вектора с вертикалью проводим вектор скорости до пересечения с огибающей скоростей pk . Модули промежуточных точек определяем из соотношения сторон Δpfn и Δpte . Здесь pf проецируем на линию PT . По построению отрезки радиусов – векторов равны друг другу.

$$pm = fp; V = me. \quad (1)$$

Тогда можно составить равенство:

$$\frac{TK}{me} = \frac{PT}{mp}.$$

Откуда

$$me = \frac{TK \cdot me}{PT}$$

$$\text{или } V = \frac{V\alpha + \omega Ri}{2Ri} \cdot mp, \quad (2)$$

где mp – радиус-вектор до произвольной точки окружности (точка 12), катящейся без скольжения, в которой определяется скорость V .

На рис. 3 отрезок $mp = fp$ определяем по уравнению (1), (2). Тогда, заменяя mp его значением, имеем:

$$V = \frac{V\alpha + \omega Ri}{2Ri} \cdot Ri \sin \frac{\alpha'}{2} = \frac{V\alpha + \omega Ri}{2} \cdot \sin \frac{\alpha'}{2}. \quad (3)$$

Что касается определения скоростей точек, лежащих на пальце, то их находим из соотношения:

$$\frac{V\alpha}{Ri} = \frac{Vt'}{up}.$$

Или

$$V'_7 = \frac{up \cdot V\alpha}{Ri};$$

$$up = \frac{dp}{\cos \gamma}.$$

С другой стороны, отрезок DP равен разности $b'p$ и $o'd$, или:

$$dp = Ri - R \cos \alpha' = R(1 - \cos \alpha').$$

Заменяя V'_7 произвольным значением V , а up и dp – их правыми частями, получаем:

$$V = \frac{V\alpha R(i - \cos \alpha')}{Ri \cos \gamma} = \frac{V\alpha(i - \cos \alpha')}{i \cos \gamma}. \quad (4)$$

Полагая, что

$$V = \arctg \frac{\sin \alpha'}{1 - \cos \alpha'}.$$

Получаем расчетное уравнение модуля абсолютной скорости конца пальца:

$$V = \frac{V\alpha(i - \cos \alpha')}{i \cos \alpha \arctg \left(\frac{\sin \alpha'}{1 - \cos \alpha'} \right)}. \quad (5)$$

Равенства (4) и (5) являются основными расчетными уравнениями для определения скорости резания и скольжения пальца сепаратора и прутка катка-сепаратора. Проецируя скорость V на оси Z и X , получаем составляющие скорости V_z и V_x :

$$V_z = V \sin \alpha'_0;$$

$$V_x = V \cos \alpha'_0.$$

Тангенс угла наклона вектора абсолютной скорости V равен:

$$\frac{V_z}{V_x} = \operatorname{tg} \alpha'_0.$$

Этот угол определяет траекторию полета почвенных фракций при их сходе с рабочей поверхности прутка.

Выводы

1. Исследованы режимные параметры сепарирующих рабочих органов.
2. Получены рациональные значения передаточных отношений привода в зависимости от физико-механических свойств почвы, которые формируют угол ее скалывания.