

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 631.352.022:631.354.02

С.Г. Ломакин, канд. техн. наук

С.В. Щиголов

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВЫХ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ С ПРИВОДОМ НОЖА МЕХАНИЗМАМИ КАЧАЮЩЕЙСЯ ШАЙБЫ И ПЛАНЕТАРНЫМ

Механизмы качающейся шайбы (МКШ) закрытого и открытого типов применяют для привода ножа сегментно-пальцевых режущих аппаратов (РА) косилок-плющилок, травяных жаток кормоуборочных и жаток зерноуборочных комбайнов свыше 30 лет.

Режущие аппараты «Системы Шумахера» с планетарным механизмом привода ножа также часто используют на машинах перечисленных типов в последние 10 лет.

Несмотря на длительный период использования данных механизмов в учебной литературе, отсутствуют сведения об особенностях расчета режущих аппаратов с такими приводами ножа.

Попытка рассмотрения кинематических показателей: перемещение ножа x и скорость относительного движения ножа u_n при планетарном приводе, предпринятая в учебнике [1, 2], оказалась неудачной.

В жатках отечественных зерноуборочных комбайнов Дон-1500, Vector, Acros используются сегментно-пальцевые режущие аппараты с некрatным ходом ножа $nt = nt_0 = S = 88$ мм, оснащенные приводом МКШ, либо режущим аппаратом «Системы Шумахера» (Vector, Acros, Torum) также нормального резания с некрatным ходом ножа $nt = nt_0 = S = 84$ мм с планетарным механизмом привода

ножа (коэффициенты некрatности $n = 88/76,2 = 1,155$ и $n = 84/76,2 = 1,1$).

Схема МКШ закрытого типа представлена на рис. 1.

Основными параметрами МКШ, определяющими кинематику ножа, является: угловая скорость ω ведущего вала, угол наклона α шейки вала к оси его вращения и длина l рычага колебательного вала.

Кинематические показатели ножа в относительном движении: перемещение x , скорость u_n и ускорение j_n определим из следующего анализа (рис. 1 и 2).

При вращении ведущего вала ось его наклонной шейки описывает две конические поверхности с общей вершиной в точке O пересечения оси вращения и оси наклонной шейки. Ось AB цапфы качающейся шайбы и рычаг CD колебательного вала, оставаясь перпендикулярными оси наклонной шейки, поворачиваются от крайнего левого до крайнего правого положения на угол 2α . Головка рычага (т. D) и связанный с ней соединительным звеном нож совершают ход $S = 2l/\sin \alpha$.

Выделим один конус, описываемый осью наклонной шейки (см. рис. 2), а также ось AB качающейся шайбы и рычаг CD колебательного вала.

Обозначим радиус основания конуса через r , а длину через b . Проведем через точку D ось ор-

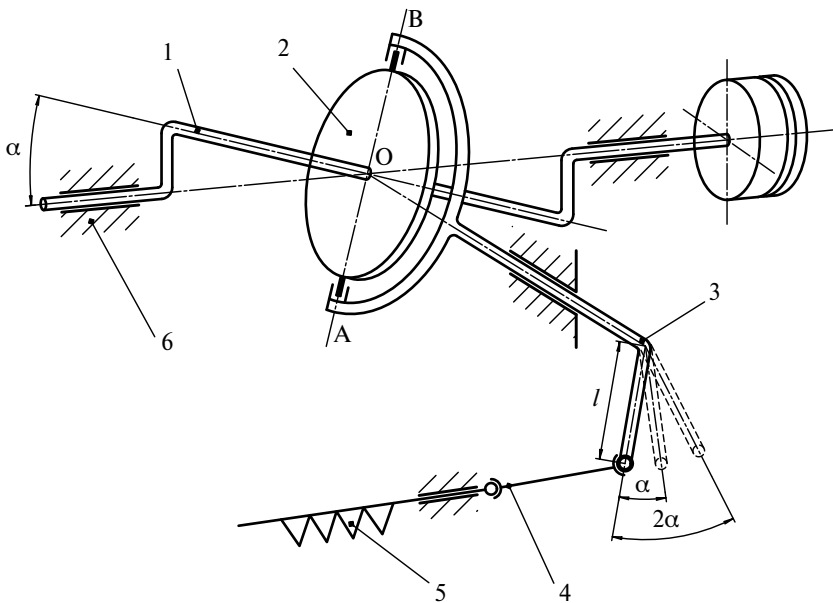


Рис. 1. Схема МКШ:

- 1 — ведущий вал с наклонной шейкой; 2 — качающаяся шайба;
- 3 — колебательный вал с вилкой и рычагом; 4 — соединительное звено;
- 5 — нож; 6 — корпус МКШ; 7 — корпус жатки

динат, а по оси направляющей головки ножа ось абсцисс. Пренебрегая углом отклонения β соединительного звена от направления движения ножа ($0 \leq \beta \leq 1,4^\circ$), перемещение ножа x за произвольный угол поворота ведущего вала МКШ ωt будет равно перемещению точки D колебательного рычага вдоль оси абсцисс.

За исходное принимаем положение OE оси наклонной шейки вала (образующей конуса). Ему соответствует крайнее левое положение точки D рычага CD и ножа в целом.

Повернем ведущий вал на произвольно выбранный угол $\varphi = \omega t$. Ось наклонной шейки OE займет положение OE_1 . Образующая OE_1 расположена в плоскости OFE_1 , отклоненной от горизонтали (оси вращения ведущего вала) на угол α' . Величина этого угла изменяется в зависимости от угла поворота ведущего вала МКШ ωt от α ($\omega t = 0$) до $-\alpha$ ($\omega t = \pi$). Рычаг CD при этом займет положение CD_1 , с углом отклонения от вертикали OO' на угол α' .

Перемещение ножа x , соответствующее углу поворота ωt ведущего вала МКШ, выразим так:

$$x = O'D - O'D_1. \quad (1)$$

Заменяя в (1) $O'D = l \sin \alpha$ и $O'D_1 = l \sin \alpha'$, получим

$$x = l \sin \alpha - l \sin \alpha'.$$

Из $\triangle OO_1E$ и OO_1F имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{b}, \operatorname{tg} \alpha' = \frac{r \cos \omega t}{b}$$

и

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha \cos \omega t. \quad (2)$$

Для МКШ закрытого типа угол α выбирают в пределах $11 \dots 14^\circ$, а открытого типа — $\alpha \leq 18^\circ$. Тангенсы углов такой величины близки значениям синусов этих углов (при $\alpha \leq 18^\circ$ разница между $\operatorname{tg} 18^\circ$ и $\sin 18^\circ$ составляет около 5%), т. е. можно принять $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ и $\operatorname{tg} \alpha' \approx \sin \alpha'$, и выражение (2) примет вид

$$\sin \alpha' = \sin \alpha \cos \omega t. \quad (3)$$

С учетом последних допущений имеем

$$x = l \sin \alpha - l \sin \alpha \cos \omega t$$

и после преобразования

$$x = l \sin \alpha (1 - \cos \omega t).$$

Учитывая, что $l \sin \alpha = \frac{S}{2}$, получим

$$x = \frac{S}{2} (1 - \cos \omega t).$$

Скорость ножа в относительном движении u_n найдем как первую производную от x , а ускорение j_n как вторую производную от перемещения ножа x или первую производную от скорости u_n по времени t :

$$u_n = \dot{x} = \left(\frac{S}{2} - \frac{S}{2} \cos \omega t \right) = \frac{S}{2} \omega \sin \omega t = l \sin \alpha \omega \sin \omega t,$$

$$j_n = \ddot{x} = \ddot{u}_n = \frac{S}{2} \omega^2 \cos \omega t = l \sin \alpha \omega^2 \cos \omega t.$$

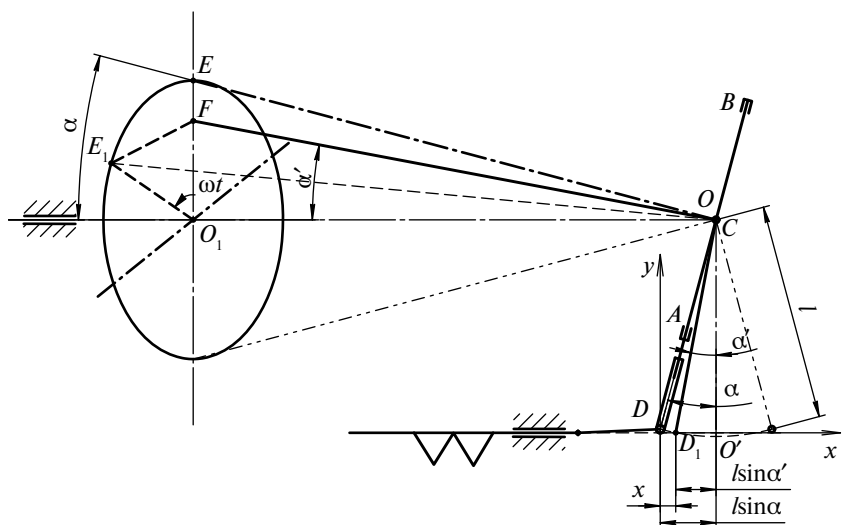


Рис. 2. К определению перемещения ножа x

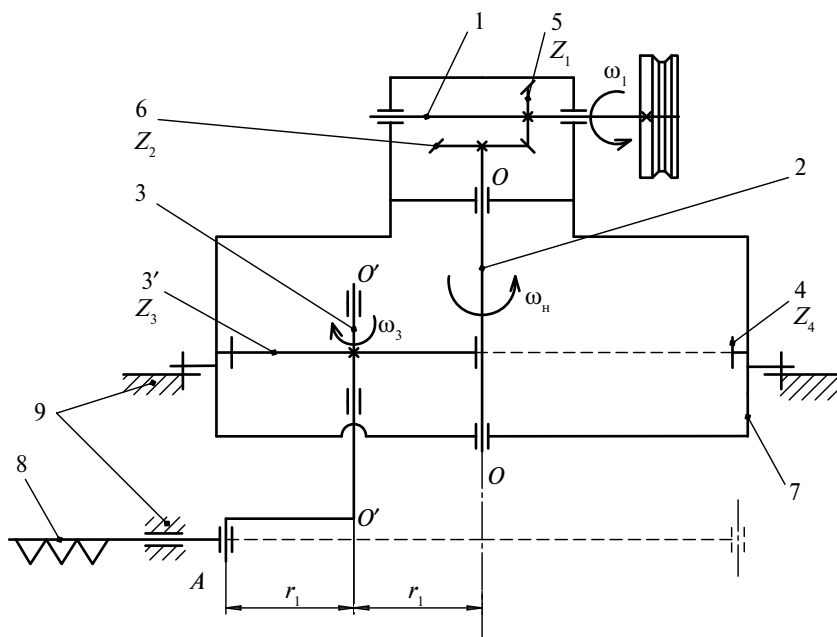


Рис. 3. Схема планетарного механизма привода ножа:

- 1 — ведущий вал; 2 — водило (H); 3 — вал сателлита (3’);
- 4 — неподвижное зубчатое колесо (коронное); 5, 6 — конические зубчатые колеса; 7 — корпус; 8 — нож; 9 — корпус жатки;
- A — шейка кривошипа вала сателлита

Схема планетарного механизма привода ножа представлена на рис. 3.

Основными его параметрами являются: угловая скорость ω_n водила, значения радиусов r_1 и r_2 .

Для уменьшения нагрузки на клиноремennую передачу привода ножа всегда применяют понижающую зубчатую передачу ($Z_1 < Z_2$). Число зубьев Z_3 сателлита $3'$ обязательно должно быть в два раза меньше числа зубьев Z_4 неподвижного цилиндрического колеса 4 (коронной шестерни), т. е. $Z_4 = 2Z_3$. Благодаря последнему соотношению угловая скорость ω_3 вала 3 и заодно изготовленного с ним сателлита $3'$ в два раза больше угловой скорости ω_n водила. Радиус r_1 смещения (эксцентриситета) оси вала сателлита от оси вращения водила H и радиус r_2 кривошипа A выбирают либо равными $r_1 = r_2$, либо $r_1 < r_2$ на 0,5...1,5 мм. В первом случае траекторией движения шейки A кривошипа вала сателлита будет отрезок прямой линии длиной $2(r_1 + r_2)$, а во втором — эллипс с длинной осью $2(r_1 + r_2)$ и короткой $2(0,5...1,5)$ мм.

Кинематические показатели движения ножа с планетарным приводом следующие. Перемещение ножа x определим с использованием схемы (рис. 4).

За исходное принято крайнее левое положение шейки кривошипа A и ножа, когда оси вращения водила O и вала сателлита O' расположены на оси координат x .

Повернем водило H на произвольный угол $\omega_n t$. Центр O' перейдет в положение O'. За это время t вал сателлита повернется вокруг центра O' в проти-

воположном водилу направлении на угол $2\omega_n t$.

Ось шейки A кривошипа займет положение A_1 . Перемещение ножа за время t (угол поворота $\omega_n t$) определим

$$x = OA - OA_1,$$

где

$$OA = r_1 + r_2.$$

$$OA_1 = r_1 \cos \omega_n t + r_2 \cos \omega_n t + r_2 = (r_1 + r_2) \cos \omega_n t,$$

тогда

$$\begin{aligned} x &= r_1 + r_2 - (r_1 + r_2) \cos \omega_n t = \\ &= (r_1 + r_2)(1 - \cos \omega_n t), \\ x &= (r_1 + r_2)(1 - \cos \omega_n t). \end{aligned}$$

Учитывая, что $r_1 + r_2$ равно $\frac{S}{2}$

$$x = \frac{S}{2}(2 - \cos \omega_n t).$$

Скорость ножа в относительном движении

$$u_n = \dot{x} = (r_1 + r_2) \omega_n \sin \omega_n t$$

или

$$u_n = \frac{S}{2} \omega_n \sin \omega_n t.$$

Ускорение ножа в относительном движении

$$j_n = \dot{u}_n = (r_1 + r_2) \omega_n^2 \cos \omega_n t$$

или

$$j_n = \frac{S}{2} \omega_n^2 \cos \omega_n t.$$

Ход ножа равен $S = 2(r_1 + r_2)$.

Переход от зависимостей $u_n = f(\omega t)$ или $U_n = f(\omega_n t)$ и $j_n = \varphi(\omega t)$ или $j_n = \varphi(\omega_n t)$ к зависимостям $u_n = f(x)$ и $j_n = \varphi(x)$ полностью идентичен известной процедуре для режущих аппаратов с кривошипно-ползунным механизмом привода [1].

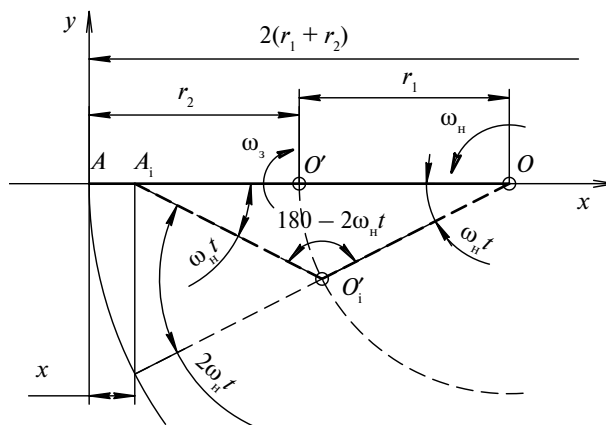


Рис. 4. Движение ножа с планетарным приводом

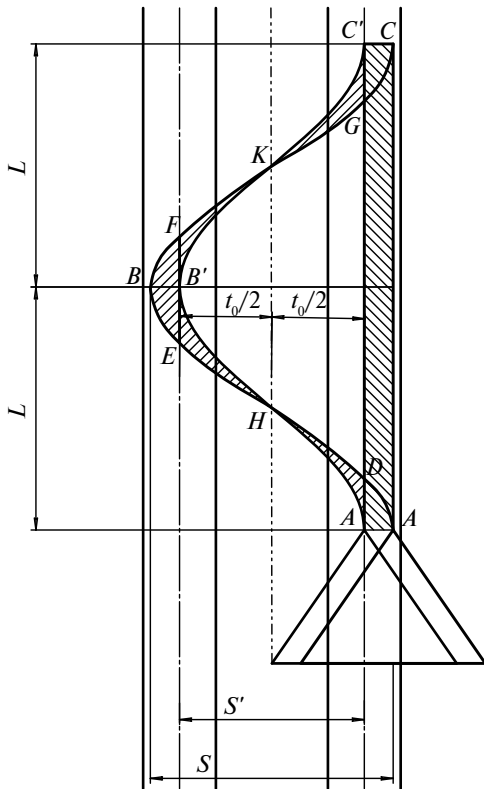


Рис. 5. К определению площадей подачи F и нагрузки f_n для режущих аппаратов: $nt = nto = S = 88$ мм и $nt = nt_o = S = 84$ мм

Особенности определения площади подачи F и площади нагрузки f_n следующие.

В рассматриваемых РА $nt = nt_o = S = 88$ мм и $nt = nt_o = S = 84$ мм площадь подачи F равна площади нагрузки f_n , но их величина $F = f_n \neq LS$ (L — подача РА), как в аппарате нормального резания с одинарным пробегом ножа (рис. 5).

Площадью подачи и нагрузки для этих РА является не площадь фигуры $F_{ABC} = LS$, а площадь F_{DEFG} , являющейся частью F_{ABC} :

$$F_{DEFG} = F_{ABC} - F_{ADGC} - F_{BFE}.$$

УДК 661.15

А.М. Бондаренко, доктор техн. наук

В.В. Мирошникова

Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия

МОДУЛЬ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НАВОЗА МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ УДОБРЕНИЯ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

К настоящему времени в большинстве регионов России основное поголовье животных сместилось в личные подсобные и фермерские хозяйства, в том числе крупного рогатого скота — около 70%

С первой площадки F_{ADGC} растения отводятся клином 2-го пальца на его правую кромку и там будут срезаны другим сегментом. Растения с площадки BFE клином 1-го пальца будут отведены на левую его кромку, где их срежет сегмент, расположенный слева от изображенного на диаграмме.

Построим вспомогательную траекторию абсолютного движения т. A' сегмента РА $t = t_0 = S = 76,2$ мм, которая очерчивает фигуру $F_{A'B'C'}$, являющуюся площадью подачи и нагрузки для РА $t = t_0 = S = 76,2$ мм. Покажем, что площадь вспомогательной фигуры $F_{A'B'C'}$ равновелика площади F_{DEFG} . Линия HK , соединяющая точки пересечения ветвей траекторий, делит обе площади на две части одинаковой высоты $t_0/2$. Левая часть F_{HVK} фигуры $A'B'C'$ меньше фигуры F_{HEFK} на две равные площадки HEB и BFK , тогда как правая часть $F_{A'HKC'}$ фигуры $A'B'C'$ больше правой части F_{DHKG} фигуры $DEFG$ на две равные площадки $A'HD$ и $C'KG$. Из схемы наглядно видно, что все четыре площадки HEB , $A'HD$, BFK и $C'KG$ равны друг другу, следовательно,

$$F_{A'B'C'} = Lt_0 = F_{DEFG} = F = f_n = Lt_0,$$

Учитывая, что $t_0 = \frac{S}{n}$, получим

$$F = f_n = \frac{LS}{n}.$$

Заключение. Предлагаемые методические подходы и расчетные зависимости позволяют определить кинематические, технологические, силовые и энергетические показатели сегментно-пальцевых режущих аппаратов с перспективными механизмами привода ножа.

Список литературы

1. Ломакин С.Г. Расчет рабочих органов уборочных машин: методические рекомендации. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. — 42 с.
2. Кленин Н.И., Киселев С.М., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины. — М.: Колос, 2008. — 816 с.

от общей его численности. Стабильно рентабельным стало и производство молока. Для этой категории хозяйств разработаны многочисленные объемно-планировочные решения малых ферм, в том