

К вопросу о конструкции режущего аппарата уборочных машин.

1. Траектория движения любой точки ножа.

Относительное движение.

Нож уборочных машин по отношению к пальцевому брусу совершает возвратно-поступательное движение. Для того чтобы полностью охарактеризовать это движение необходимо знать, так называемый, ход ножа и, кроме того, необходимо иметь уравнение движения.

Ход ножа есть путь, проходимый любой точкой ножа, от крайнего правого до крайнего левого ее положения, поэтому его значение (рис. 1) будет равно

$$s = O_1 B_2 - O_1 B_1 = \sqrt{(e+r)^2 - H^2} - \sqrt{(e-r)^2 - H^2} = \\ = (e+r) \sqrt{1 + \left(\frac{H}{e+r}\right)^2} - (e-r) \sqrt{1 - \left(\frac{H}{e-r}\right)^2}.$$

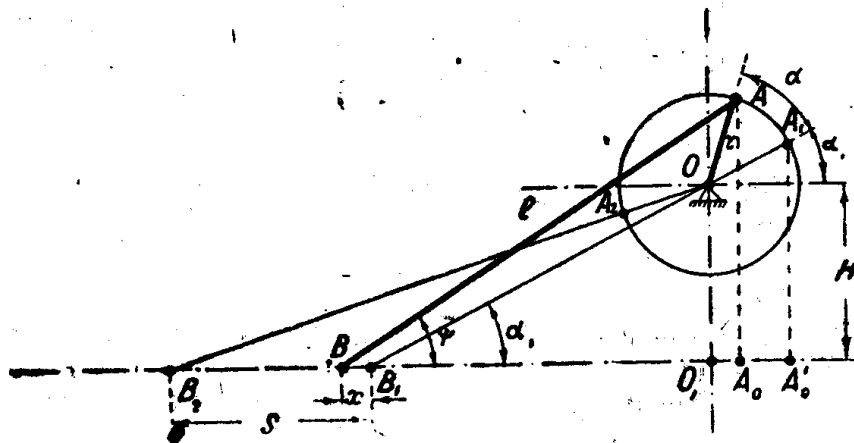


Рис. 1.

Так как вторые члены под корнем, для уборочных машин, во всяком случае не больше 0,15, то, применяя формулу

$$\sqrt{1 \pm \delta} \approx 1 \pm \frac{\delta}{2}, \quad (1)$$

для приближенного извлечения квадратного корня, после соответствующих преобразований, с ошибкой не больше 1%, получим

$$s = 2r \left[1 + \frac{H^2}{2(e^2 - r^2)} \right] \quad (2)$$

Здесь r^2 ничтожно мал по сравнению с e^2 , поэтому его можно отбросить без особой ошибки; в таком случае

$$s = 2r \left[1 + \frac{H^2}{2e^2} \right] \quad (2a)$$

Для вывода уравнения движения любой точки ножа будем считать крайнее правое положение за начальное, а углы поворота кривошипа будем отсчитывать от правого мертвого положения; в таком случае

$$x = A_0 B - A_0 O_1 - O_1 B_1 = e \cos \psi - r \cos (\alpha_1 + \alpha) - (e - r) \cos \alpha_1.$$

В этом выражении ψ есть величина переменная и зависящая от положения кривошипа. Из рис. АВА₀ и АОО₁ А₀ имеем

$$l \sin \psi = H + r \sin (\alpha_1 + \alpha),$$

а потому

$$\sin \psi = \frac{H + r \sin (\alpha_1 + \alpha)}{e} \quad (3)$$

$$\cos \psi = \sqrt{1 - \left[\frac{H + r \sin (\alpha_1 + \alpha)}{e} \right]^2} \quad (4)$$

Извлекая корень квадратный, по ф-ле (1) будем иметь

$$\cos \psi \cong 1 - \frac{[H + r \sin (\alpha_1 + \alpha)]^2}{2e^2} = 1 - \frac{H^2}{2e^2} - \frac{Hr \sin (\alpha_1 + \alpha)}{e^2} \quad (4a)$$

Последний член очень мал, а потому им вполне можно пренебречь, с ошибкой не превышающей 0,5%.

Кроме того, из рис. 1 имеем

$$\sin \alpha_1 = \frac{H}{e - r} \quad (5)$$

и следовательно,

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{H}{e - r} \right)^2} \cong 1 - \frac{H^2}{2(e - r)^2} \quad (6)$$

Используя выражения (4a), (5) и (6) и полагая в малых по величине членах $l \cong l - r$, после соответствующих преобразований, найдем

$$x = r \left\{ 1 + \frac{H^2}{2e^2} - \left[1 + \frac{H^2}{2e^2} \right] \cos \alpha - \frac{H^3}{2e^3} \sin \alpha \right\} \quad (7)$$

Последний член здесь очень мал, поэтому, с ошибкой не больше 1%, им можно пренебречь; в таком случае

$$x = r \left[1 + \frac{H^2}{2e^2} \right] [1 - \cos \alpha] \quad (7a)$$

Наконец, с помощью выражения (2-a) получим окончательно

$$x = \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] \quad (7b)$$

Эта формула, несмотря на приближенность (дает ошибку 2—3%), все же достаточно точна для целей исследования и практики и кроме того очень проста и удобна как для аналитического, так и для графического исследования работы режущего аппарата.

Применяя формулу (7b), мы как бы заменяем действительный шатуно-кривошипный механизм фиктивным, с радиусом кривошипа $\frac{s}{2}$ и бесконечно длинным шатуном.

Дифференцируя ф-лу (7b) по времени и имея в виду, что

$$\alpha = \omega t \quad (8)$$

где, угловая скорость кривошипа

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (9)$$

а t —время, получим выражение для относительной скорости ножа

$$U = \frac{s\omega}{2} \sin \alpha \quad (10)$$

Из этого выражения видно, что при $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$, т. е. в крайних положениях, скорость любой точки равна нулю, а при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ и $\frac{3\pi}{2}$, т. е. в среднем положении, скорость достигает максимума

$$U_{\max} = \frac{s\omega}{2} = \frac{\pi s n}{60} \quad (11)$$

В практических условиях скорость ножа обычно характеризуют так называемой средней скоростью, т. е. такой скоростью, при которой нож, двигаясь равномерно, за время, соответствующее повороту кривошипа, прошел бы тот же самый, что и в действительности, путь s .

Очевидно, величина средней скорости определяется выражением

$$U_{\text{ср}} = \frac{2sn}{60} = \frac{sn}{30} = \frac{2U_{\max}}{\pi} \quad (12)$$

Переносное движение.

Кроме движения относительно пальцевого бруса, нож вместе с машиной перемещается по полю. Это движение для небольших участков пути может считаться, без всякой ошибки, прямолинейным и равномерным и характеризуется так называемой подачей, т. е. тем перемещением, на которое машина передвигается вперед за время, соответствующее одному ходу ножа. Величина подачи, очевидно, будет равна

$$h = \frac{v \cdot 60}{n \cdot 2} = \frac{30 \cdot v}{n}, \quad (13)$$

где v —скорость машины в м/сек.

n —число оборотов кривошипного вала

Из ф-лы (12) имеем

$$\frac{30}{n} = \frac{s}{U_{\text{ср}}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{s}{U_{\max}}$$

Поэтому ф-лу (13) для определения подачи можно представить в виде

$$h = s \frac{v}{U_{\text{ср}}} = \frac{\pi s}{2} \cdot \frac{v}{U_{\max}} \quad (13a)$$

Если известна подача машины, то уравнение переносного движения ножа, в зависимости от угла поворота кривошипа, может быть написано в виде

$$Y = \frac{h}{\pi} \alpha \quad (14)$$

Здесь за начальное положение считается то положение, которое рассматриваемая точка занимала при крайнем правом положении ножа.

В самом деле, если повороту кривошипа в α радианов соответствует перемещение машины h , то повороту в один радиан будет соответствовать перемещение в π раз меньше, а повороту в α радианов—перемещение в α раз большее.

Абсолютное движение.

Абсолютное движение любой точки ножа, как слагающееся из относительного и переносного, будет определяться, в параметрической форме, двумя уравнениями (7b) и (14).

Если нас интересует траектория движения какой-либо точки, то уравнение этой траектории можно получить путем исключения угла поворота кривошипа α из обоих уравнений.

В случае, если исследованию подвергаются одновременно несколько точек ножа и при том в одних и тех же координатах, то уравнения движения этих точек будут отличаться друг от друга постоянными слагаемыми.

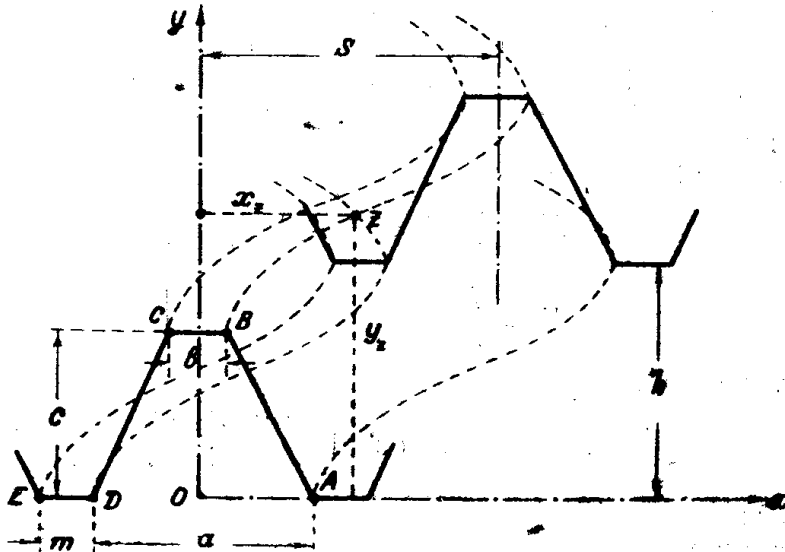


Рис. 2.

Так напр., если на рис. 2 обозначить через:

a —ширину нижнего основания сегмента,

b — „ „ „ верхнего „ „ „ „

c —рабочую высоту сегмента, „ „ „ „

m —расстояние между нижними основаниями сегментов, то:

Для точки A.

Уравнения движения:

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] + \frac{a}{2} \\ Y &= \frac{h}{\pi} \alpha \end{aligned} \right\} \text{ (15a)}$$

Уравнение траектории:

$$Y_a = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{2x - a}{s} \right] \text{ (16a)}$$

Для точки В.
Уравнения движения

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] + \frac{b}{2} \\ Y &= \frac{h}{\pi} \alpha + c \end{aligned} \right\} \quad (15b)$$

Уравнение траектории

$$Y_b = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{2x - b}{s} \right] + c \quad (16b)$$

Для точки С.
Уравнения движения

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] - \frac{b}{2} \\ Y &= \frac{h}{\pi} \alpha + c \end{aligned} \right\} \quad (15c)$$

Уравнение траектории

$$Y_c = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{2x + b}{s} \right] + c \quad (16c)$$

Для точки D.
Уравнения движения

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] - \frac{a}{2} \\ Y &= \frac{h}{\pi} \alpha \end{aligned} \right\} \quad (15d)$$

Уравнение траектории

$$Y_d = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{2x + a}{s} \right] \quad (16d)$$

Для точки E.
Уравнения движения

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha] - \frac{a}{2} - m \\ Y &= \frac{h}{\pi} \alpha \end{aligned} \right\} \quad (15e)$$

Уравнение траектории

$$Y_e = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{2x + a + 2m}{s} \right] \quad (16e)$$

Аналитическое исследование движения ножа, вообще говоря, может быть использовано для разрешения тех или иных вопросов, связанных с работой режущего аппарата, но оно обладает большим недостатком, а именно — отсутствием наглядности.

С этой точки зрения более желательно пользоваться графическим изображением траектории движения какой-либо точки ножа. Метод построения траектории довольно прост, целиком вытекает из смысла формул (1b) и (14) и сводится к построению синусоиды.

Диаграмма движения сегментов и ее анализ.

Процесс резания.

Несмотря на то, что конструкция режущего аппарата установилась уже достаточно давно, до сих пор еще нет единой точки зрения на процесс резания. Бесспорным, как будто, является только то, что при малых скоростях движения ножа стебли отгибаются сегментом до тех пор, пока этому не помешает пальцевая пластинка; защемленный между двумя лезвиями стебель как бы отстригается надвигающимся на пальцевую пластинку сегментом; при больших скоростях движения ножа упругость стебля и инерция его массы возрастают настолько, что оказываются достаточными для того, чтобы стебель мог срезаться без подпора его со стороны пальцевой пластинки; величина критической скорости, после достижения которой становится возможным подсекание без подпора, очевидно будет зависеть от вида растения и состояния его зрелости, влажности и т. д.

Разногласия между специалистами в области с. х. машин в основном группируются около вопроса о конкретном значении этой критической скорости. Одни говорят, что современные уборочные машины в основном работают на скоростях выше критической и, следовательно, процесс резания происходит главным образом по принципу подсекания. Другие говорят наоборот, что существующие машины работают на скоростях ниже критической и что, следовательно, резание происходит по принципу ножиц. Третьи считают, что имеет место и то и другое.

Основываясь на данных экспериментального исследования инжен. А. Н. Карпенко и Е. А. Глухих и на фактах из повседневной практики уборочных машин, более правильной надо считать вторую точку зрения, которая полагает, что сущность работы режущего аппарата заключается в захватывании стеблей сегментами, подведении их к пальцевым пластинкам, и, наконец, в срезании их сегментом, надвигающимся на пальцевую пластинку.

Диаграмма движения сегментов.

В соответствии с вышеизложенной точкой зрения приходится считать, что все стебли подводятся к так называемым линиям перерезания (рис. 3) и зажатые здесь, между лезвиями пальцевой пластинки и сегмента, отстригаются.¹⁾ Для отыскания каждой такой линии перерезания достаточно найти две какие-либо ее точки; напр. точка d нижнего основания рабочей части сегмента подойдет к точке d'_1 пальцевой пластинки только тогда, когда последняя переместится в положение d_1 ; точно также точка c сегмента подойдет к точке c'_1 пальцевой пластинки тогда, когда последняя переместится в положение c_1 . Очевидно, точка d_1 будет началом линии перерезания, а точка c_1 — концом ее. Соединяя эти точки прямой линией, получим линию перерезания для хода слева направо.

Рассматривая полученную диаграмму, приходим к заключению, что: на участке Mdc_1L стебли отгибаются пальцем, от оси его симметрии, влево и срезаются на лезвии пальцевой пластинки того же пальца надвигающимся на него лезвием сегмента; на участке $RCDEFK$ стебли отгибаются пальцем, от оси его симметрии, вправо, а потом подхватываются сегментом, выходящим из прореза этого пальца, и вместе со стеблями с участка d_1NRKFc_1 подводятся к противоположному пальцу, где и пе-

¹⁾ См. статью проф. А. В. Верховского "Рабочий процесс сенокосилки". Изв. Т. И. И. 1935 г.

перезаются; на участке $ABNd_1M$ стебли отгибаются пальцем влево, а потом — сегментом, выходящим из прореза этого пальца при ходе его справа налево; но так как сегмент останавливается, не доходя до противо-

ДИАГРАММА ДВИЖЕНИЯ СЕГМЕНТОВ КОСИЛКИ

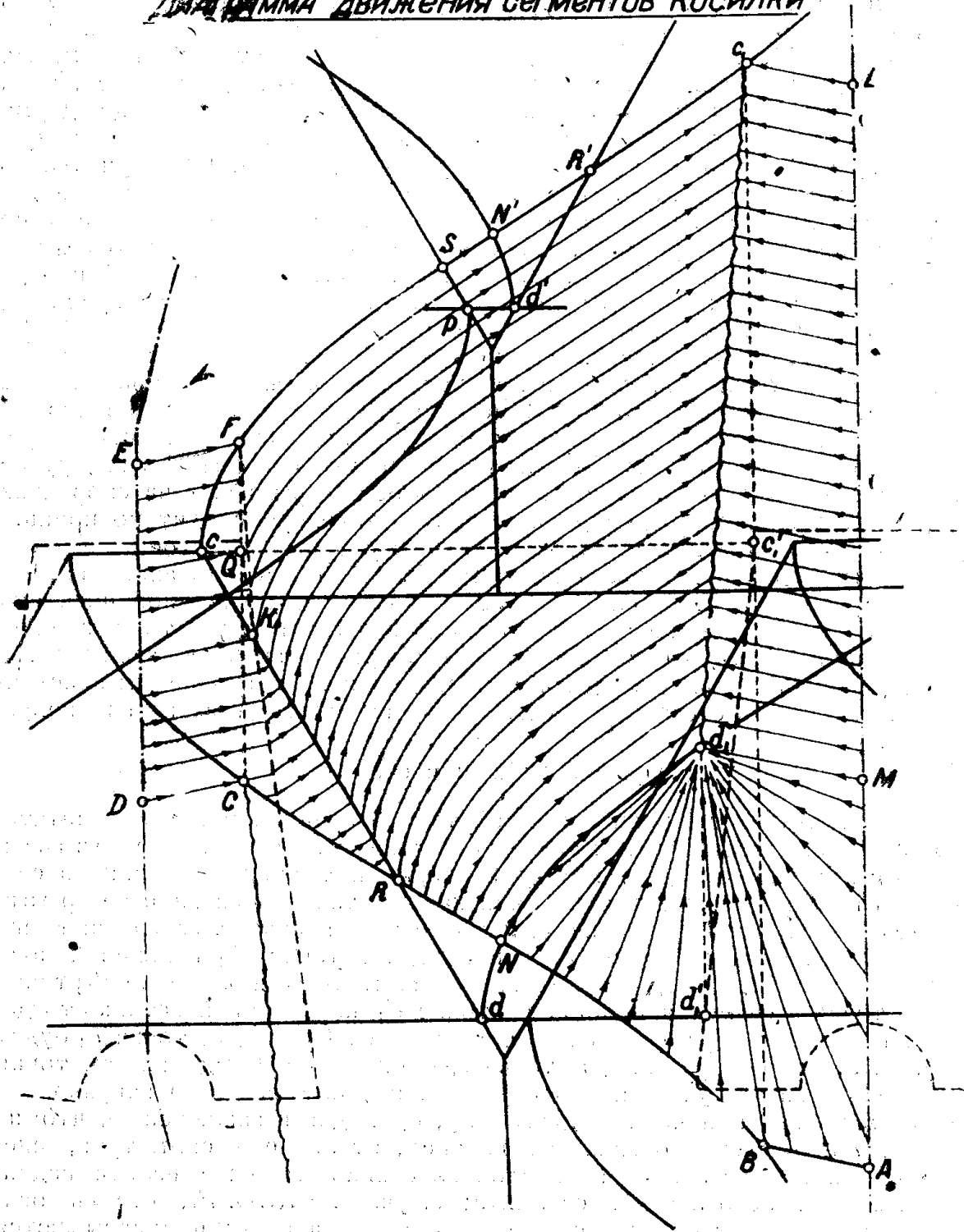


Рис. 3.

ложного пальца, то стебли подхватываются соседним левым сегментом при ходе последнего справа налево и подводятся к точке d_1 линии перерезания, где и срезаются более или менее компактным пучком.

На участке dNR и $QFSP$ сегменты пробегают два раза. Стебли на них будут срезаны тем сегментом, который проходит по этому участку первым.

Отгиб стеблей.

Из вышеизложенного следует, что все стебли срезаются в отогнутом состоянии. Поэтому высота оставшейся на поле стерни никогда не бывает одинаковой. Это особенно хорошо заметно после работы сенокосилок на влажной траве. В связи с этим вопрос об отгибе стеблей не имеет особого принципиального значения, как об этом полагали первые исследователи режущего аппарата (*Wüst, Nachtweh* и др.), а должен рассматриваться главным образом с точки зрения хозяйственной, так как увеличение отгиба уменьшает массу скошенного сена при работе сенокосилок и увеличивает опасность потери колоса при работе хлебоуборочных машин.

В несколько особом положении находятся стебли, отгибаемые с участка $ABNd, M$, так как они собираются в пучок и срезаются почти одновременно. При большой величине этих площадок неизбежно значительное увеличение сопротивления резанию, имеющего характер удара. При малой их величине надо полагать, что их присутствие особого вреда режущему аппарату не приносит. Однако, установить какой-либо предел для допустимой величины этих площадок за отсутствием соответствующих экспериментов не представляется возможным.

Площадки с двойным пробегом.

На диаграмме движения сегментов имеются два рода площадок, которым активные лезвия сегментов пробегают два раза. Одни площадки с двойным пробегом получаются потому, что область, пробегаемая одним лезвием сегмента, накладывается на область, пробегаемую другим лезвием того же сегмента.

Эти участки (dNR и $d'N'R'$ на рис. 3) имеют форму треугольников с кривыми сторонами и при большой их величине могут быть вредными в том отношении, что стебли, срезанные при ходе сегмента в одну сторону, могут попасть под лезвие сегмента при обратном ходе и срезаются снова на другом пальце. Полученные при этом вторичном срезе мелкие обрезки могут способствовать забиванию режущего аппарата, не говоря уже о напрасной затрате энергии на вторичный срез. Опасность вторичного среза имеется, вообще говоря, и для стеблей, растущих по соседству с площадками треугольной формы, но так как учесть эту опасность затруднительно, то в дальнейшем будем говорить только о предупреждении опасности вторичного среза для стеблей, растущих на треугольных площадках.

Очевидно, вторичного среза можно будет избежать только в том случае, когда эти площадки будут расположены только в одной половине пространства между пальцами (для участка $d'N'R'$ в правой половине). В таком случае срезанные при ходе в одну сторону стебли выскользнут из под сегмента при обратном ходе ранее, чем лезвие сегмента подойдет к пальцевой пластинке.

Такое положение может иметь место только тогда, когда на рис. 2, координаты точки z пересечения траектории точек B и D сегмента будут удовлетворять условиям

$$Y_z = Y_b = Y_d$$

$$X_z = X_b = X_d \geq \frac{t_1}{2}$$

где t_1 — расстояние между пальцами.

Объединяя эти условия с выражениями (16 b) и (16 d), можем написать для предельного случая

$$X_b = X_d = \frac{t_1}{2}$$

$$\frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{t_1 + a}{s} \right] = \frac{h}{\pi} \arccos \left[1 - \frac{t_1 - b}{s} \right] + c$$

Откуда

$$h \geq \frac{\pi c}{\arccos \left[1 - \frac{t_1 + a}{s} \right] - \arccos \left[1 - \frac{t_1 - b}{s} \right]} \quad (17)$$

Опасность вторичного среза на площадках треугольной формы имеет место главным образом у косилок, для которых $t_1 = s = a_1$; поэтому вместо (17) получим условие, предупреждающее опасность вторичного среза для косилок в виде

$$h \geq \frac{\pi c}{\arccos \left(-\frac{a}{a_1} \right) - \arccos \left(\frac{b}{a_1} \right)} \quad (17a)$$

где a_1 — ширина сегмента.

В этой формуле первый член знаменателя должен быть взят в III квадранте, а второй — в I или II квадранте.

У сноповязалок и комбайнов диаграмма движения сегментов имеет несколько другой вид, и площадки с двойным пробегом (треугольной формы) или же совсем отсутствуют, или же — незначительны; поэтому формула (17) для них неприменима.

Другие участки с двойным пробегом получают потому, что правые или левые лезвия соседних сегментов пробегают по одному и тому же месту. Эти площадки (QFSP на рис. 3) у косилок нет оснований считать особо вредными, так как стебли, срезанные впереди идущим сегментом, только отгибаются вторым сегментом, и потому можно говорить только о затрате энергии на отгибание, которая во всяком случае незначительна.

Несколько иначе обстоит дело у комбайнов. Здесь эти площадки оказываются вытянутыми и распространяются на расстояние, превышающее величину шага пальцев. Поэтому часть лезвия сегмента пробегает по уже срезанным стеблям, не производя никакой работы. Очевидно, надо считать желательным уничтожить эти площадки и дать возможность лезвию сегмента работать полной своей длиной. Для этого же в свою очередь необходимо, чтобы траектория точки E сегмента (рис. 2) не пересекалась с траекторией точки B сегмента, а только касалась последней.

Точка пересечения этих траекторий будет определяться условиями:

$$X_e = X_e = X_z$$

$$Y_e \neq Y_e = Y_z$$

Поэтому, имея в виду ф-лы (15 b) и (15 e), можем написать

$$\frac{s}{2} [1 - \cos \alpha_b] + \frac{b}{2} = \frac{s}{2} [1 - \cos \alpha_e] - \frac{a}{2} - m$$

Откуда

$$\frac{b+a+2m}{s} = \cos \alpha_b - \cos \alpha_e$$

но

$$\cos \alpha_b - \cos \alpha_e = \cos \frac{\pi(Y_z - c)}{h} - \cos \frac{\pi Y_z}{h'} = 2 \sin \frac{\pi(2Y_z - c)}{2h} \sin \frac{\pi c}{2h}$$

Поэтому

$$\frac{b+a+2m}{s} = 2 \sin \frac{\pi(2Y_z - c)}{2h} \sin \frac{\pi c}{2h}$$

Откуда

$$Y_z = \frac{h}{\pi} \arcsin \left[\frac{b+a+2m}{2s \sin \frac{\pi c}{2h}} \right] + \frac{c}{2} \quad (18)$$

Если траектория точки E касается точки B , то Y должен иметь только одно значение, а это может быть только в том случае, когда

$$\frac{a+b+2m}{2s \sin \frac{\pi c}{2h}} = 1$$

Откуда

$$h = \frac{\pi c}{2 \arcsin \left(\frac{a+b+2m}{2s} \right)}; \quad (19)$$

но для комбайнов $m=0$ и $s=2t_1=a$, поэтому

$$h = \frac{\pi c}{2 \arcsin \frac{1}{2} \left[1 + \frac{b}{a} \right]} \quad (19a)$$

3. Углы наклона лезвий сегмента и пальцевой пластинки.

Из диаграммы движения сегментов (рис. 3) видно, что углы наклона лезвий сегмента α и пальцевой пластинки β нам желательно иметь как можно больше, так как этим самым мы увеличим продолжительность резания и, следовательно, уменьшим сопротивление.

Однако, увеличению этих углов имеется предел. В отношении угла β этот предел установлен практически тем обстоятельством, что при большем значении угла β пальцевая пластинка будет давить на стебли и отклонять их по направлению движения машины. Поэтому обычно делают $\beta \leq 7^\circ$, а у комбайнов даже $\beta=0$. В связи с этим увеличение продолжительности резания может быть получено главным образом за счет увеличения угла наклона лезвия сегмента α .

Задача сегмента в работе режущего аппарата заключается в том, чтобы подводить стебли к пальцевым пластинкам и затем срезать их; а поэтому, увеличивая угол α , мы должны следить за тем, чтобы сегмент мог выполнять поставленные перед ним задачи.

В самом деле, можно себе представить настолько большой угол α , при котором стебли будут выскользывать вперед из под лезвия сегмента или в момент отрезания их, или даже при подведении их к пальцевой

пластинке. Поэтому очевидно, что увеличивая угол α , мы не должны переходить через предел, после которого стебли будут выскальзывать из под лезвия сегмента.

Для того, чтобы выяснить предел для угла α , рассмотрим движение сегмента по отношению к стеблям. По отношению к пальцевому брусу сегмент движется с переменной по величине скоростью $U = U_{\max} \sin \omega t$, направленной под углом $90 - \alpha$ к лезвию сегмента. Кроме этого вместе с машиной сегмент перемещается вперед со скоростью v , направленной под углом α к лезвию сегмента (рис. 4).

Абсолютная скорость сегмента будет очевидно равна их геометрической сумме w и может быть разложена на два направления: параллельное лезвию и перпендикулярное ему.

Первая слагающая:

$$w' = U_{\max} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t - v \cos \alpha \quad (20)$$

дает ту скорость, с которой сегмент как бы скользит по отношению к стеблям.

Вторая слагающая:

$$w'' = U_{\max} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \omega t + v \sin \alpha \quad (21)$$

представляет собой скорость, с которой сегмент давит на стебли.

Стебли могут выскользнуть из под лезвия сегмента только по направлению к верхнему основанию

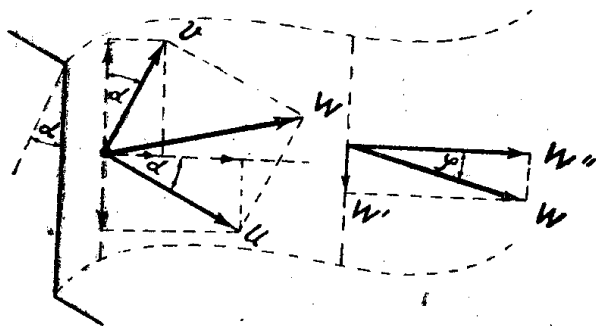


Рис. 4.

и притом только в том случае, когда скорость скольжения будет направлена к нижнему основанию сегмента. Поэтому если бы не было трения сегмента о стебель, то необходимо было бы, чтобы $w' \leq 0$. Но благодаря тому, что сегмент будет держать стебли еще и силой трения, можно допустить w' несколько больше нуля, а именно такую, когда абсолютная ско-

рость w отклонится от перпендикуляра к лезвию сегмента на угол, не превышающий угол трения $\varphi_{\text{сер}}$. Иначе говоря, стебли не будут выскальзывать из под лезвия сегмента, если

$$\frac{w'}{w''} \leq \text{tg } \varphi_{\text{сер}}.$$

Подставляя сюда выражения (20) и (21), получим

$$\text{tg } \alpha \leq \frac{\frac{v}{U_{\max}} + \text{tg } \varphi_{\text{сер}} \cdot \sin \omega t}{\sin \omega t - \frac{v}{U_{\max}} \text{tg } \varphi_{\text{сер}}} \quad (22)$$

Наименьшее значение правой части будет при $\omega t = \pi/2$; поэтому, обозначив

$$\frac{v}{U_{\max}} = k, \quad (23)$$

найдем предельное условие для угла α в виде

$$\text{tg } \alpha \leq \frac{k + \text{tg } \varphi_{\text{сер}}}{1 - k \text{tg } \varphi_{\text{сер}}} \quad (22a)$$

Таким образом, величина угла наклона лезвия сегмента, гарантирующая стебли от выскальзывания, будет тем больше, чем больше отношение скорости машины к скорости ножа и чем больше угол трения сегмента о стебли.

Кроме этого стебли не должны также выскальзывать из под сжимающих их лезвий в момент перерезания. В этом случае (рис. 5) на

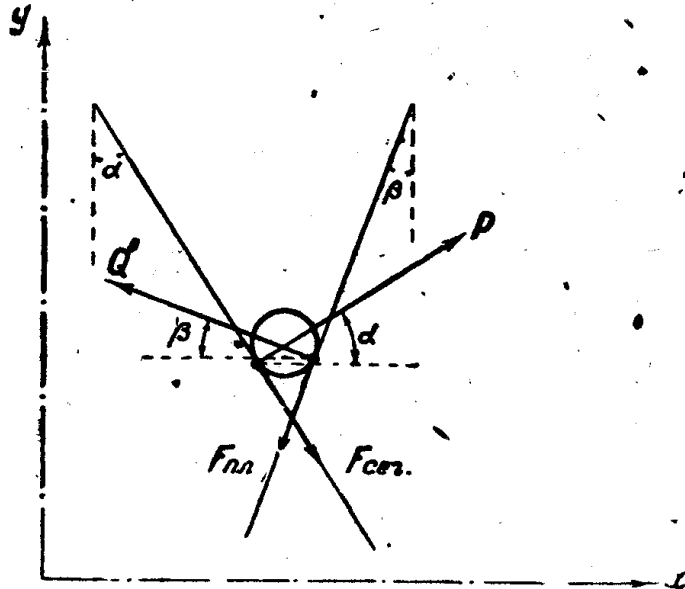


Рис. 5.

стебель будет давить сегмент с некоторой силой P , а с другой стороны пальцевая пластинка—с силой Q . Под влиянием этих сил возникнут соответствующие силы трения

$$F_{\text{сег}} = f_{\text{сег}} \cdot P \quad \text{и} \quad F_{\text{пл}} = f_{\text{пл}} Q$$

По направлению движения ножа стебель перемещаться не может, поэтому

$$P \cos \alpha - Q \cos \beta + F_{\text{сег}} \cdot \sin \alpha - F_{\text{пл}} \cdot \sin \beta = 0$$

Кроме этого во избежание выталкивания стебля необходимо, чтобы

$$P \sin \alpha + Q \sin \beta \leq F_{\text{сег}} \cos \alpha + F_{\text{пл}} \cos \beta$$

Решая совместно последние два выражения, после соответствующих преобразований найдем

$$\alpha + \beta \leq \varphi_{\text{сег}} + \varphi_{\text{пл}} \quad (24)$$

Таким образом, для того чтобы стебли в момент перерезания не выскальзывали из под сжимающих их лезвий, необходимо, чтобы сумма углов наклона сегмента и пальцевой пластинки была меньше суммы углов трения стебля о лезвия.

Ширина сегмента.

Тракторная сенкосилка.

Для сенкосилок нами ранее было выведено условие, гарантирующее от вторичного среза

$$h \geq \frac{\pi c}{\arccos\left(\frac{a}{a_1}\right) - \arccos\frac{b}{a_1}} \quad (17a)$$

кроме этого имеем формулу

$$h = \frac{\pi s}{2 U_{\max}} = \frac{\pi a_1 k}{2} \quad (13a)$$

Из рис. 6 имеем соотношение между размерами сегментов

$$a = a_1 - 2 \Delta \operatorname{tg} \alpha \quad (25)$$

$$c = \frac{a - b}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{a_1 - b - 2 \Delta \operatorname{tg} \alpha}{a_1 k \operatorname{tg} \alpha} \quad (26)$$

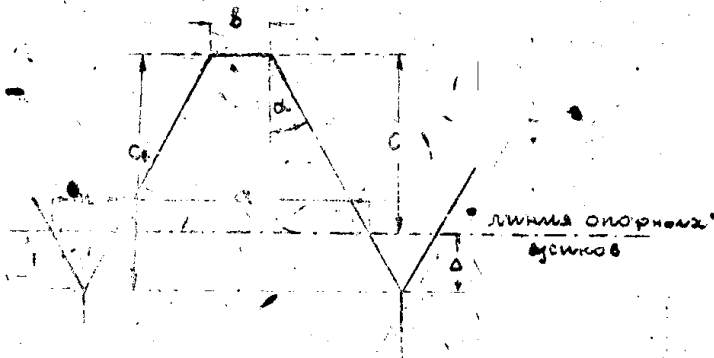


Рис. 6.

Подставляя (25) и (26) в (17a) и приравнявая полученный результат, (13a), получим условия для выбора $a_1 = t_1 = s$

$$\arccos \left(\frac{2 \Delta \operatorname{tg} \alpha}{a_1} - 1 \right) - \arccos \frac{b}{a_1} \geq \frac{[a_1 - (b + 2 \Delta \operatorname{tg} \alpha)]}{a_1 k \operatorname{tg} \alpha} \quad (27)$$

Например, если взять:

$v = 1,33$ м/сек, как рабочую скорость трактора СТЗ,

$U_{\text{ср}} = 1,70$ м/сек, как наименьшую скорость по существующим конструкциям сенокосилок (по Вейсу достаточно $v = 1,5$), то

$$U_{\max} = \frac{\pi}{2} \cdot 1,7 = 2,66 \text{ м/сек}; k = \frac{1,33}{2,66} = 0,5$$

$\alpha = 30^\circ$ — по существующих конструкциям,

$\Delta = 8$ мм — как наименьший размер, допускающий оформление опорных усиков,

$b = 15$ мм — как наименьший размер допускающий, возможность расположения заточек лезвий, то путем подбора (или построения графика 7) можно найти из ф-лы (27)

$$a_1 = t_1 = s = 73 \text{ мм.}$$

Результат, как видим, получается очень близкий к применяющемуся в действительности.

При помощи разложений в ряды можно было бы привести формулу (27) к алгебраической форме и, разрешая последнюю, получить формулу

$$a_1 = t_1 = s = \frac{b(1 + k \operatorname{tg} \alpha) + 2 \Delta \operatorname{tg} \alpha (1 + 2,46 k \operatorname{tg} \alpha)}{1 - 1,82 k \operatorname{tg} \alpha} \quad (27a)$$

которая проще для разрешения, но дает ошибку до 10%, поэтому лучше решать уравнение (27) путем подбора.

Комбайн „Коммунар“.

Ранее было выведено условие, гарантирующее отсутствие площадок двойного пробега

$$h = \frac{\pi c}{2 \operatorname{arcsn} \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b}{a} \right)} \dots \dots \dots (19a)$$

Кроме этого имеем

$$h = \frac{\pi s}{2} \cdot \frac{v}{U_{\max.}} = \frac{\pi a k}{2} \dots \dots \dots (13a)$$

Решение ур-ия $\operatorname{arccos} \cos \left(\frac{2\Delta \operatorname{Tg} \alpha}{a_1} - 1 \right) - \operatorname{arccos} \cos \frac{\beta}{a_1} = \frac{a_1 - (\beta + 2\Delta)}{a_1 k \operatorname{Tg} \alpha}$

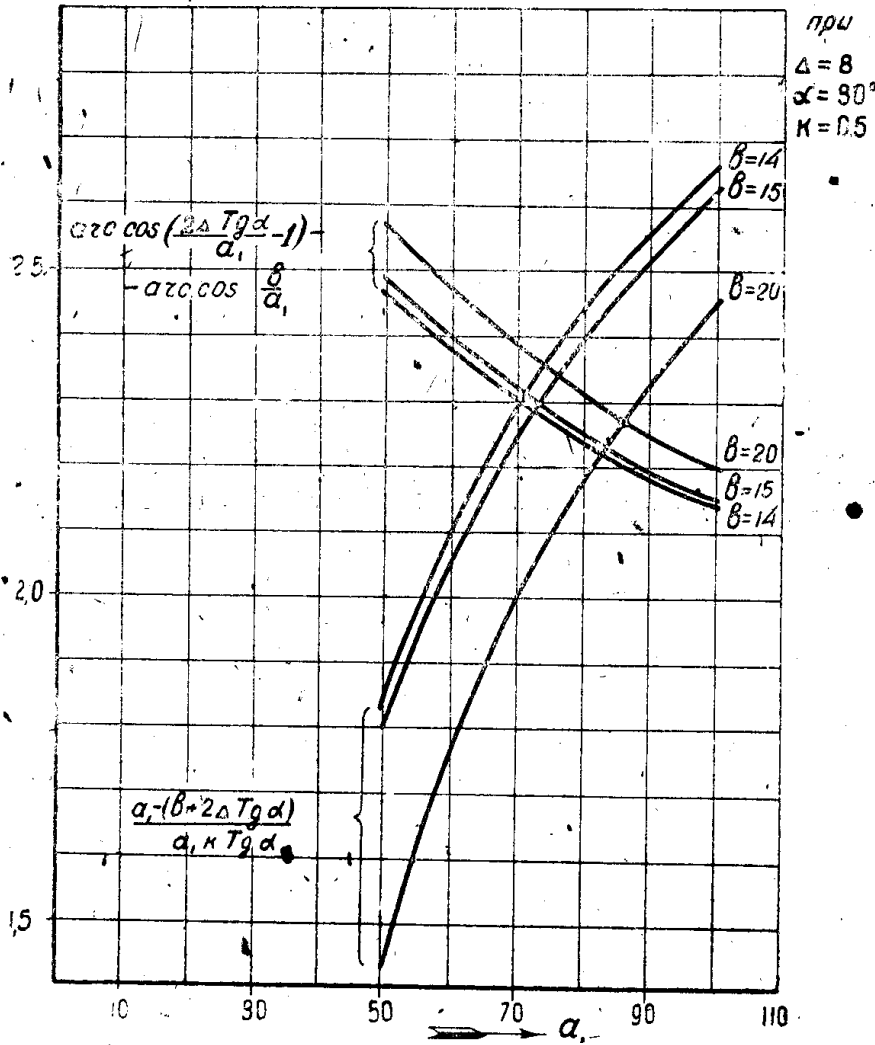


Рис. 7.

Наконец, ф-ла (26) для комбайна при $\Delta = 0$ будет иметь вид

$$c = \frac{a - b}{2 \operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (26a)$$

Подставляя (26a) в (19a) и приравнявая полученный результат (13a), получим условие для выбора $a = s = 2t$.

$$\frac{1}{2} \left(1 - \frac{b}{a} \right) = k \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{arcsn} \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b}{a} \right) \dots \dots \dots (28)$$

Напр., если взять:
 $v = 1,27$ м/сек., как рабочую скорость трактора СТЗ при работе с комбайном (см. сел.-хоз. энциклопедия „Комбайн“), $U_{cp} = 1,11$ м/сек. при $n = 327$,

$$U_{\max.} = 1,11 \frac{\pi}{2} = 1,75 \text{ м/сек.}, \quad k = \frac{1,27}{1,75} = 0,73,$$

$b = 5$ мм,—как наименьший размер, обеспечивающий прочность верхушки сегмента, принятый для комбайнов, то, решая уравнение (28) путем подбора или графически, найдем

$$a = s = 2t_1 = 110 \text{ мм.}$$

Результат опять-таки получается близким существующему на практике размеру.

В частном случае, когда $b = 0$, из ф-лы (28), имеем

$$k \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2 \operatorname{arcsn} 0,5} = 0,95; \quad k = \frac{0,95}{\operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (29)$$

т. е. независимо от величины a площадки двойного пробега будут отсутствовать, если только выполнено условие (29).

Использованная литература.

1. Проф. В. П. Горячкин. Теория жатвенных машин. 1909 г.
2. Проф. Л. П. Крамаренко. Режущий аппарат жатвенных машин и его теория.
3. Проф. Л. П. Крамаренко. Статья в журнале „С.-х. машина“. 1931 г. № 7.
4. Е. А. Глухих. К вопросу о повышении поступательной скорости жатвенных машин. Журнал „Мех. соц. сельск. хозяйства“. 1934 г. № 9.
5. А. Н. Карпенко. Статьи в журнале „С.-х. машина“. 1931 г. № 9, 11—12.