

3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВЫХ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ

Наивыгоднейшей кривой для формы лезвия ножа (по академику В. П. Горячкину) являются спираль Архимеда и дуга эксцентрической окружности.

Рассмотрим схему режущего аппарата дисковой соломосилосорезки с криволинейным лезвием, выполненным по форме эксцентрической окружности.

Для этого возьмём две эксцентрично расположенные окружности (рис. 2.25): одну радиусом R_0 и другую радиусом $R_0 + e$, где e – эксцентриситет, и будем вращать эксцентрическую окружность радиусом R_0 вокруг центра O наружной окружности по часовой стрелке. Тогда в качестве ножа можно использовать дугу 1-2, которая при своём перемещении захватит кольцо, образованное двумя концентрическими окружностями: радиусом $R_0 + e$ с наружной стороны и радиусом $R_0 - e$ – с внутренней. Очевидно, что для перерезания слоя стеблей горловину можно расположить только между этими двумя окружностями, т.е. внутри кольца шириной $2e$. При этом отношение e/R_0 принимают в пределах от 0,7 до 0,8, а значения $c > R_0 - e$; $b \leq 2e$; $h \leq c$.

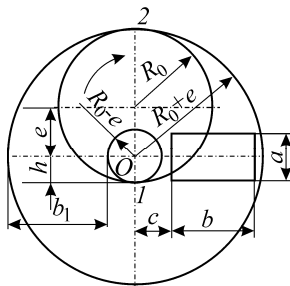


Рис. 2.25. Эксцентрическая окружность, используемая для очертаения лезвия ножа

Режущий аппарат с лезвием криволинейной формы обеспечивает увеличение скользящего движения ножа, что приводит к уменьшению удельной линейной силы ножа и позволяет несколько стабилизировать нагрузку на вал.

При любой конструкции режущего аппарата на эффективность рабочего процесса большое влияние оказывают параметры режущей пары и её техническое состояние. К ним относятся: угол резания χ ; угол установки ножа β ; угол заточки ножа γ ; острота лезвия; величина зазора между лезвием ножа и противорежущей пластиной.

Оптимальный угол резания ножа устраняет дополнительное сопротивление и улучшает условия резания. Угол заточки γ ножа принимают равным $12 \dots 30^\circ$.

Зазор в режущей паре оказывает влияние на энергетические и качественные показатели соломосилосорезки. Оптимальная величина зазора для дисковых аппаратов составляет $0,5 \dots 1,0$ мм, барабанных – $1,5 \dots 4,6$ мм. Уменьшение вызывает большие трения в режущей паре из-за затаскивания в зазор отдельных стеблей, которые препятствуют прохождению ножа. Увеличение зазора приводит к нарушению нормального процесса резания и повышению энергозатрат за счёт излома и смятия стеблей.

Проектирование схемы режущего аппарата с криволинейным лезвием (рис. 2.26) начинают с выбора геометрической формы кривой, по которой будет выполнено лезвие ножа. Учитывая преимущества эксцентрической окружности, положим её в основу дальнейших расчётов.

6. Находят длину лезвия $B'A$, полагая, что центральный угол $< B'O_1A'$ охвата ножа составляет примерно 90° , а свободная длина лезвия левее точки A_1 не превышает $30 \dots 40$ мм.

7. Определяют ширину горловины b , для этого из центра вращения проводят дугу $B'D'$ радиусом r_{\max} и прямую OD' вниз под углом $\tau_{\max} - \chi_{\max}$ до пересечения с полученной дугой в точке D' .

Чтобы обеспечить защемление, необходимо выполнить условие $\chi_{\text{защ}} = \varphi_1 + \varphi_2 \leq \tau_{\max}$. При $\tau_{\max} = 55 \dots 60^\circ$, $\varphi_1 = 15 \dots 17^\circ$ и $\varphi_2 = 25 \dots 30^\circ$ допустимый угол раствора $\chi_{\max} = 40 \dots 57^\circ$. В этом случае М. В. Сабликов рекомендует принимать $\chi_{\text{защ}} = \varphi_{1\min}$.

Далее из найденной точки D' проводят горизонтальную линию до пересечения с вертикалью, проведённой через точку A_1 , т.е. горизонтальную прямую $D'K'$, которая и будет искомой шириной горловины.

С учётом износа ножа левый и правый обрезы горловины сдвигают к центру вращения на величину $\Delta = 10 \dots 15$ мм.

8. Определяют высоту a горловины. В существующих соломосилосорезках a варьирует от 50 до 100 мм.

Окончательный контур горловины отмечен буквами $ABDK$.

9. Из центра O радиусом e проводят дугу O_1O' окружности, которая является траекторией центра кривизны ножа, перемещающегося при повороте диска. На полученной дуге делают отметки 1, 2, 3 и т.д. через интервалы (10°) угла $\Delta\psi$ поворота. Из каждой отметки на сечении горловины проводят дуги ΔS , отмечающие нагружённую часть лезвия для соответствующего положения ножа. Затем, ориентируясь по средней высоте горловины, находят для каждого положения ножа текущие значения параметров: r , ΔS , τ и χ , а также значения удельного давления q , используя график $q = f(\tau)$.

Проектирование режущего аппарата завершается построением диаграммы моментов резания, расчётом момента инерции маховика и определением потребляемой мощности двигателя.

Момент сопротивления резанию за время прохода одного ножа через сечение горловины изменяется по сложному закону, так как изменяется длина загруженной части лезвия ΔS и все другие величины, входящие в формулу (2.47), в зависимости от угла поворота диска ψ .

При внедрении ножа в слой материала момент увеличивается от нуля до максимального значения $M_{\text{рез, max}}$ и затем снова уменьшается до нуля. Поэтому при расчёте мощности, потребной на привод соломосилосорезки, пользуются средней величиной момента $M_{\text{рез, ср}}$, которая

может быть найдена, если известна работа резания $A_{рез}$, совершаемая ножом за один рабочий ход при повороте диска на угол $2\pi/z$, где z – количество ножей диска. Работа резания

$$A_{рез} = \int_0^{2\pi/z} M_{рез} d\psi, \quad (2.52)$$

где $d\psi$ – элементарный угол поворота ножа, град. Тогда средний момент резания можно определить по формуле

$$M_{рез.ср} = \frac{A_{рез}z}{2\pi} = \frac{\int_0^{2\pi/z} M_{рез} d\psi}{2\pi}. \quad (2.53)$$

Интегрирование этого выражения выполняют графически, путём измерения площади диаграммы моментов резания. Для построения диаграммы определяют величины, входящие в формулу момента (2.47) (при повороте диска через каждые 5 или 10°) графоаналитическим способом, предварительно построив в масштабе схему режущего аппарата и сняв графически ΔS , r , τ и вычислив значения f' , q .

Пример диаграммы моментов резания в функции угла поворота диска ψ приведён на рис. 2.27, а.

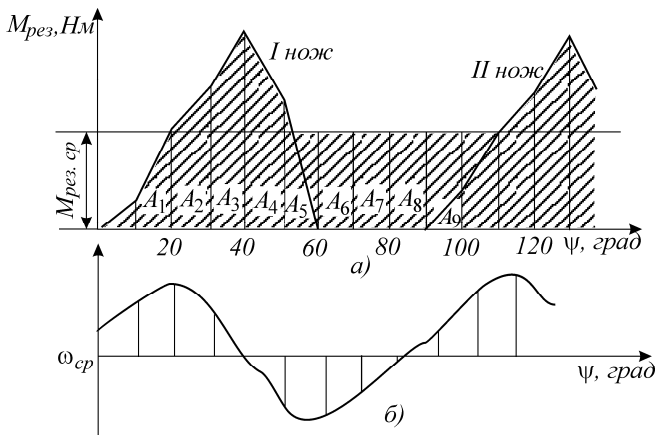


Рис. 2.27. Диаграмма моментов резания (а) и график изменения угловой скорости (б)

В определённом масштабе площадь диаграммы показывает работу резания. Эту площадь можно измерить планиметром или другим способом, а средний момент резания $M_{\text{рез.ср}}$ (Н·м) подсчитывают по формуле

$$M_{\text{рез.ср}} = \frac{F_{\text{д}} m_{\text{м}} m_{\psi}}{(2\pi/z)}, \quad (2.54)$$

где $F_{\text{д}}$ – площадь диаграммы, см²; $m_{\text{м}}$ – масштаб моментов, Н·м/см; m_{ψ} – масштаб угла поворота, град/см.

Как видно из диаграммы моментов, нагрузка на вал машины изменяется неравномерно, и это обуславливает неравномерность вращения диска с ножами. График изменения угловой скорости вращения диска (рис. 2.27, б) совмещают с графиком изменения моментов вращения (резания).

На участках, где момент резания превышает среднее значение $M_{\text{рез}} > M_{\text{рез.ср}}$, угловая скорость уменьшается, а на тех участках, где нагрузка на вал машины отсутствует или $M_{\text{рез}} < M_{\text{рез.ср}}$, угловая скорость возрастает. В те моменты, когда вращающий момент электродвигателя больше момента резания или резания нет, то маховик соломосилосорезки (шкив с диском и ножами, барабан) должен накопить такой запас кинетической энергии, которого было бы достаточно для преодоления сопротивления резанию слоя стеблей при $M_{\text{рез}} > M_{\text{рез.ср}}$.

Этот запас кинетической энергии маховика должен быть равен величине избыточной работы $A_{\text{изб}}$ (на рис. 2.27, а – заштриховано), представляющей превышение над средним значением, и будет израсходован к тому моменту, когда угловая скорость, перейдя среднее значение, снова начнёт возрастать. Отсюда

$$A_{\text{изб}} = \frac{J\omega_{\text{max}}^2}{2} - \frac{J\omega_{\text{min}}^2}{2}, \quad (2.55)$$

где J – момент инерции маховика, Н·м; ω_{max} , ω_{min} – наибольшее и наименьшее значения угловой скорости маховика, с⁻¹.

Если формулу $A_{\text{изб}}$ разложить на разность квадратов и полученное выражение разделить и умножить на среднее значение угловой скорости, то получим $A_{\text{изб}} = J\omega_{\text{ср}}^2 \delta_{\omega}$, где $\delta_{\omega} = (\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}) / \omega_{\text{ср}}$ – степень неравномерности вращения, принимается равной 0,03...0,07.

Потребный момент инерции маховика $J = A_{\text{изб}} / \omega_{\text{ср}}^2 \delta_{\omega}$.

График изменения угловой скорости относительно среднего качения ω_{cp} строится последовательными вычислениями изменений угловой скорости, взятыми через равные промежутки угла поворота диска, по формулам:

$$\omega_1 = \sqrt{(J\omega_{\text{max}}^2 - 2A_1)/J}; \quad \omega_2 = \sqrt{(J\omega_{\text{max}}^2 - 2A_2)/J}; \quad \dots;$$

$$\omega_n = \sqrt{(J\omega_{\text{max}}^2 - 2A_n)/J}, \quad (2.56)$$

где A_1, A_2, \dots, A_n – избыточная работа в выбранных сечениях диаграммы моментов резания, Дж; $A_{\text{изб}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n$; $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{cp}}(1 + 0,5\delta_{\omega})$; $\omega_{\text{min}} = \omega_{\text{cp}}(1 - 0,5\delta_{\omega})$. На участках, где $M_{\text{рез. cp}}$ больше текущего момента резания, значения A_n принимаются со знаком минус.

Вращающий момент двигателя $M_{\text{вр}}$ с учётом преодоления полезных сопротивлений $M_{\text{рез. cp}}$, механизма подачи $M_{\text{под}}$ и сопротивления холостого хода машины $M_{\text{х. х}}$ запишется в виде $M_{\text{вр}} = M_{\text{рез. cp}} + M_{\text{под}} + M_{\text{х. х}}$. Установлено, что соотношение этих сопротивлений можно принять $M_{\text{рез. cp}} : M_{\text{под}} : M_{\text{х. х}} = 3 : 1 : 1$ или $M_{\text{вр}} = 5M_{\text{рез. cp}}/3$. Тогда мощность двигателя определяют по формуле $N_{\text{дв}} = M_{\text{вр}}\omega = M_{\text{вр}}\pi n / 30$, где n – частота вращения диска, мин⁻¹.

Теоретическую производительность соломосилосорезок определяют по формуле

$$Q = ablzpn \approx 0,16ablz\rho\omega, \quad (2.57)$$

где z – число ножей, $z = 2\dots 6$; n – частота вращения диска, с⁻¹; l – расчётная длина резки (6...30) мм; ρ – плотность материала, подводимого питающими вальцами, для соломы $\rho = 20\dots 160$ кг/м³, для травы $\rho = 350\dots 500$ кг/м³.