

УДК 631.31

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА НА СКАШИВАНИИ ТОНКОСТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

П. Е. ГОЛУШКО, В. Б. ПОПОВ, В. П. ЧАУС

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь

Введение

Из физико-механических свойств силосуемых культур для режущих аппаратов жаток и косилок важнейшим параметром является толщина стеблей на высоте среза, а также их состояние [1]. К режущим аппаратам предъявляются требования, определяемые в основном группой убираемой культуры (толстостебельные или тонкостебельные).

Режущие аппараты могут выполняться с различным состоянием насеченных и гладких сегментов и вкладышей, причем насечку на сегментах делают верхней и нижней. Насечка сегментов требует повышения мощности для среза зеленых стеблей на 30 %, сухих стеблей на 9 % по сравнению с гладкими сегментами [2].

Преимущество насеченных сегментов состоит в том, что острота лезвий более долговечна. Это в особенности справедливо при кошении тонкостебельных культур.

Для обеспечения качественного среза необходимо выполнение условия, при котором отсутствует выталкивание стебля из раствора режущей пары, представленной сегментом и противорежущей пластиной.

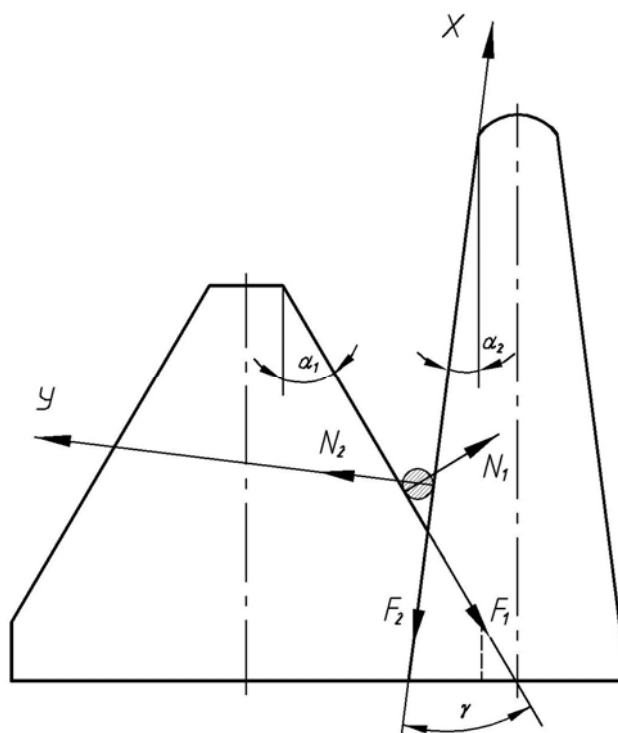


Рис. 1. Геометрическая и силовая интерпретация среза стебля режущей парой

Цель исследования

Целью данной статьи является формулирование кинематических и силовых условий обеспечения качественного среза тонкостебельных культур.

Постановка задачи

Рассмотрим геометрию защемления стебля растения режущей парой (рис. 1).

Угол защемления – предельный угол раствора режущей пары, при котором не происходит выталкивание стебля.

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2. \quad (1)$$

Обозначим: φ_1 и φ_2 – углы трения; N_1 и N_2 – нормальные реакции на стель со стороны лезвия сегмента и противорежущей пластины.

Тогда силы трения будут равны:

$$F_1 = N_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1, \quad (2)$$

$$F_2 = N_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_2. \quad (3)$$

Чтобы не было выталкивания стебля, необходимо соблюдать условие:

$$F_2 \geq N_1 \cdot \sin\gamma - F_1 \cdot \cos\gamma \quad (4)$$

или

$$N_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 \geq N_1 \cdot \sin\gamma - N_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \cos\gamma. \quad (5)$$

После соответствующего преобразования получим:

$$N_2 = N_1 \cdot \cos\gamma + F_1 \cdot \sin\gamma = N_1 \cdot \cos\gamma + N_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \cos\gamma \quad (6)$$

или

$$N_2 = N_1 \cdot (\cos\gamma + \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \sin\gamma). \quad (7)$$

Окончательно: $\operatorname{tg}\gamma \leq \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)$.

Отсюда,

$$\gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2. \quad (8)$$

Следовательно, условие защемление стеблей в растворе режущей пары будет иметь вид:

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2. \quad (9)$$

В зависимости от влажности растений сумма углов их трения о гладкие лезвия режущей пары находятся в пределах $20...30^\circ$ для пшеницы и ржи, а для трав $25...60^\circ$. Для сегментов с насечкой значение углов увеличивается на 30–50 %.

В связи с этим угол раствора режущей пары принимают равным $\gamma = 30 \div 45^\circ$.

После того, как произойдет защемление стебля в режущей паре, он начинает перемещаться вместе с сельскохозяйственной машиной и качество его срезания будет зависеть только от относительной скорости ножа.

На качество среза, а, следовательно, на выбор угла α оказывает влияние также и соотношение скоростей сельскохозяйственной машины и ножа режу-

щего аппарата. Соотношение это должно быть таким, чтобы составляющая абсолютной скорости сегмента V_A по лезвию ножа была бы направлена к нижнему основанию.

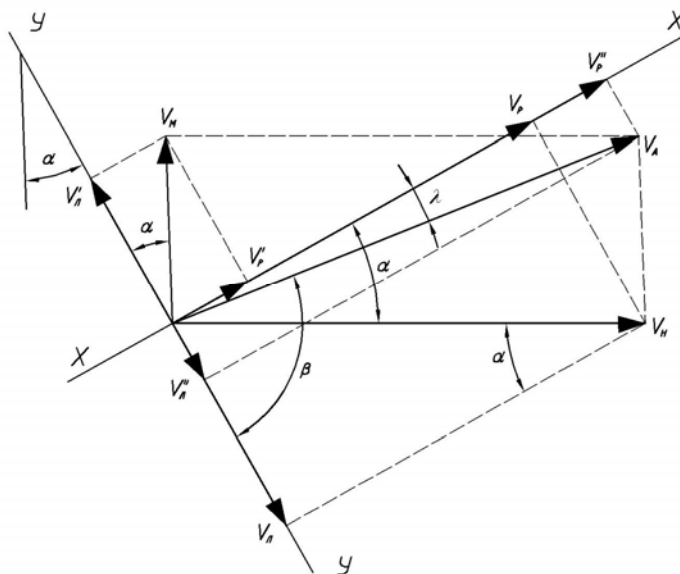


Рис. 2. Схема кинематической возможности затягивания стеблей при срезе

Из рис. 2 видно, что скорость V_A получена как геометрическая сумма скорости машины V_M и скорости ножа V_H . Скорость машины принимается постоянной, а скорость ножа меняется по закону синуса и равна:

$$V_H = r \cdot \omega \cdot \sin \omega t, \tag{10}$$

где r – радиус кривошипа режущего аппарата; ω – частота вращения кривошипа.

Разложив скорости машины V_M и скорости ножа V_H на направление вдоль лезвия (ось Y) и направление, перпендикулярное ему (ось X), получим:

$$V'_L = V_M \cdot \cos \alpha; V'_P = V_M \cdot \sin \alpha; V_L = V_H \cdot \sin \alpha; V_P = V_H \cdot \cos \alpha. \tag{11}$$

Разложим далее абсолютную скорость V_A на те же направления и обозначим через V''_L и V''_P ее составляющие.

Очевидно, что:

$$V''_L = V_L - V'_L = V_H \cdot \sin \alpha - V_M \cdot \cos \alpha, \tag{12}$$

$$V''_P = V_P - V'_P = V_H \cdot \cos \alpha - V_M \cdot \sin \alpha. \tag{13}$$

Если разделить уравнение (12) на (13), то получим:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{V''_L}{V''_P} = \frac{V_H \cdot \sin \alpha - V_M \cdot \cos \alpha}{V_H \cdot \cos \alpha - V_M \cdot \sin \alpha}. \tag{14}$$

Разделив числитель и знаменатель уравнения (14) на $V_H \cdot \cos \alpha$, получим:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \frac{V_M}{V_H}}{1 + \frac{V_M}{V_H} \operatorname{tg} \alpha}. \quad (15)$$

Из уравнения (15) видно, что коэффициент возможности затягивания $\operatorname{tg} \lambda$ при срезе зависит от угла α и от соотношения скоростей машины и ножа.

Например, при $\alpha = 30^\circ$ и $\frac{V_M}{V_H} > \frac{1}{2}$ скорость по лезвию $V_{\text{л}}$ направлена к верхнему основанию, при $\frac{V_M}{V_H} \approx \frac{1}{2}$ она равна нулю, а при $\frac{V_M}{V_H} < \frac{1}{2}$ скорость направлена к нижнему основанию.

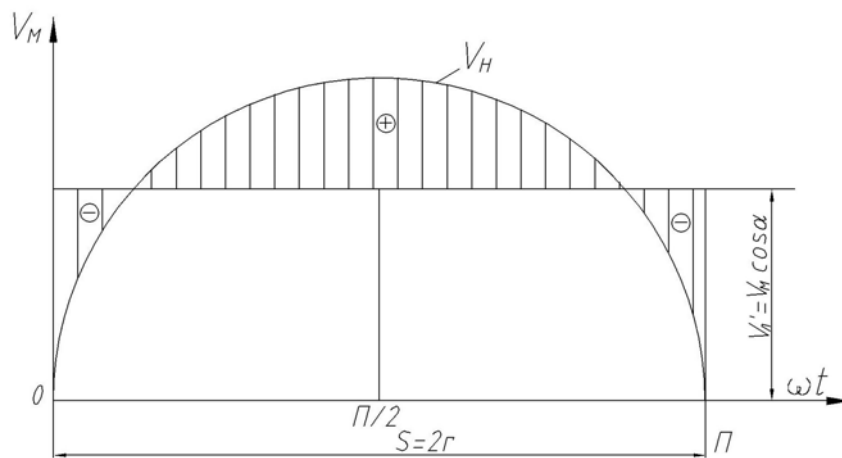


Рис. 3. Составляющая скорости вдоль лезвия сегмента

Из рис. 3 следует, что даже при $\operatorname{tg} \alpha > \frac{V_M}{V_H}$ слагающая скорости в начале и в конце хода ножа направлена к верхнему основанию. Поэтому надо добиваться, чтобы скорость в течение хода ножа как можно дольше оставалась направленной к нижнему основанию, т. е. $\operatorname{tg} \alpha > \frac{V_M}{V_H}$.

Для отечественных косилок это соотношение находится в пределах $0,45 \div 0,6$ [3].

На уборке полеглых культур стебель, наклоненный от сельскохозяйственной машины, при срезании получает удар в плоскости среза:

$$P \cdot \Delta t = m \cdot V'_H.$$

Если этот удар перенести в центр тяжести стебля, получим импульс $P \cdot \Delta t$, толкающий стебель вперед, и поворачивающий (против часовой стрелки) момент:

$$\int_0^{\Delta t} M_1 dt = j \cdot \omega_H$$

или

$$M_1 \cdot \Delta t = j \cdot \omega_H,$$

где j – момент инерции стебля; V'_H – составляющая абсолютной скорости ножа; Δt – длительность воздействия сегмента на стебель.

Если срезаемый стебель наклонен в сторону сельскохозяйственной машины $\omega_H = \frac{V'_H}{l_1}$ (рис. 4), то возникает момент, способствующий укладыванию стебля за пальцевым брусом или на нем, в зависимости от скорости сельскохозяйственного агрегата:

$$M_2 = mg \cdot \sin\alpha \cdot l_1,$$

где α – угол наклона стебля в момент среза; m – масса стебля; g – ускорение свободного падения; l_1 – плечо относительно точки поворота стебля, за которую можно принять место среза.

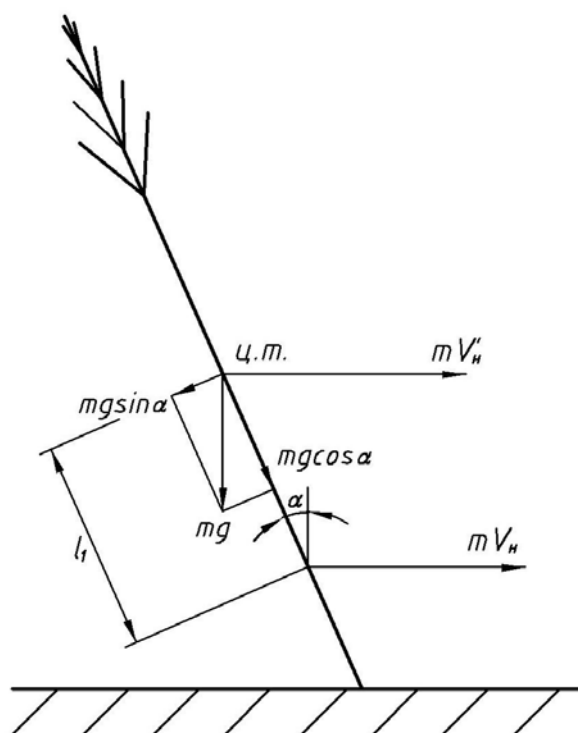


Рис. 4. Наклон срезаемого стебля в сторону машины

Момент, способствующий укладыванию стебля за пальцевым брусом, в этом случае равен сумме моментов от удара ножа и от наклона стебля, т. е.

$$M = \int_0^{\Delta t} M_1 dt + M_2.$$

Если же стебель наклонен вперед, по ходу машины, момент от его веса стремится повалить стебель вперед, то общий момент, способствующий укладыванию стеблей за пальцевым брусом будет равен:

$$M = \int_0^{\Delta t} M_1 dt - M_2.$$

В этом случае срезанный стебель ляжет за пальцевым брусом, если $\int_0^{\Delta t} M_1 dt$ будет больше M_2 , а это возможно лишь при увеличении поступательной скорости сельскохозяйственной машины, которая должна быть тем выше, чем больше полеглость растений.

Заключение

1. В зависимости от влажности растений сумма углов раствора режущей пары, обеспечивающая ровный срез находится в пределах $\gamma = 20^\circ - 35^\circ$ для зерновых культур ржи и пшеницы и $\gamma = 20^\circ - 60^\circ$ для кормовых трав.

2. Для сегментов с насечками угол раствора режущей пары рекомендуется увеличивать на 30–50 %.

3. Для качественного среза растений необходимо выдерживать отношение поступательной скорости машины к скорости ножа в пределах $\frac{V_M}{V_H} \approx (0,45 \div 0,6)$.

4. Повышение скорости поступательного движения машины улучшает не только срезание полеглых стеблей, но и передвижение срезанной массы в сторону транспортера жатки.

Литература

1. Долгов, И. А. Уборочные сельскохозяйственные машины / И. А. Долгов. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2003.
2. Босой, Е. С. Режущие аппараты уборочных машин / Е. С. Босой. – Москва : Машиностроение, 1967.
3. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – Москва : Машиностроение, 1981.

Получено 11.04.2008 г.