

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТОВ ПЛАНЕТАРНЫМИ ВАЛЬЦАМИ

Абликов В.А. – д. т. н., профессор

Вдовиченко М.Н. – аспирант

Тимофеев М.Н. – инженер

Кубанский государственный аграрный университет

В статье рассмотрены основы технологического процесса отделения плодов томатов планетарными вальцами при механизированной многоразовой уборке.

Основание плода томата держится на плодоножке, которая, в свою очередь, прикреплена к стеблю. Для отделения плода необходимо, чтобы отрыв плодоножки происходил в месте присоединения ее к основанию плода. Разрыв обеспечивается при условии, что на плодоножку в поперечном направлении действует сила сжатия, в продольном – сила растяжения и переменный по направлению изгибающий момент. Сочетание указанных сил и момента наблюдается в работе планетарного плодоотделяющего аппарата. Усилие разрыва плодоножки при растяжении с изгибом уменьшается в 3–5 раз по сравнению с растяжением без изгиба.

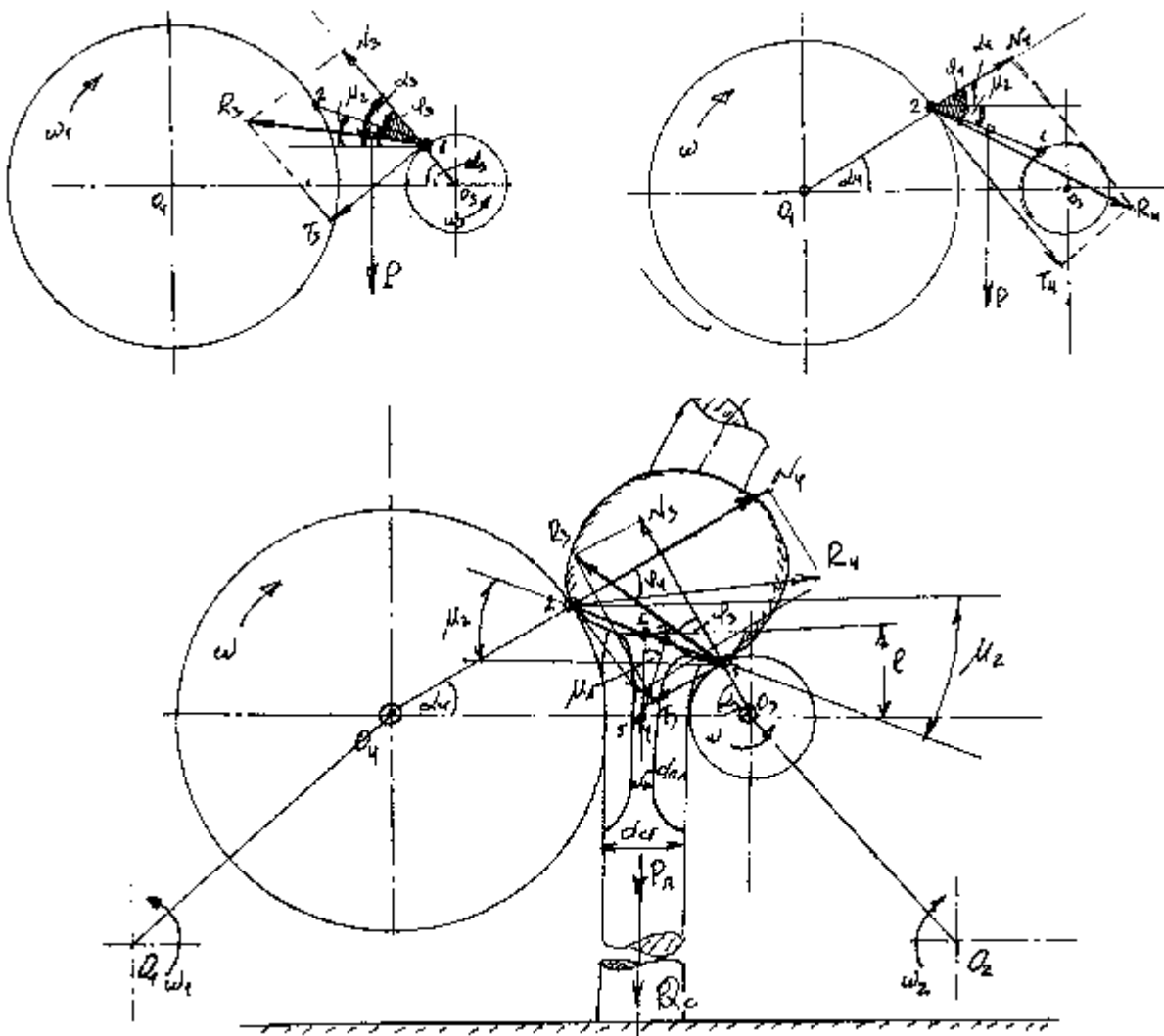
На рисунке изображена схема действия на основание плода и плодоножку сил нормального давления N , трения T и растяжения P в том случае, если диаметры и рабочие поверхности парных вальцов одинаковы. При этом углы α охвата вальцов стеблем и плодом, силы N , T и равнодействующие силы R для обоих вальцов одинаковы, изгиб плодоножки отсутствует, и разрыв ее чаще всего происходит в середине.

Диаметры и рабочие поверхности планетарных валцов 3 и 4, находящихся в паре, в общем случае не одинаковы, поэтому $\alpha_3 \neq \alpha_4$, $N_3 \neq N_4$, $T_3 \neq T_4$ и $R_4 \neq R_3$.

Для отделения плода необходимо выполнение условия:

$$Q_c + \sum T_y - \sum N_y = P_n, \quad (1)$$

где $\sum T_y$ и $\sum N_y$ – сумма проекций сил T_3 и T_4 и соответственно N_3 и N_4 на направление движения стебля.



Отделение плодов томатов планетарными валцами

Процесс отделения плода от стебля планетарным вальцом состоит из двух этапов: растяжение плодоножки и ее двухсторонний изгиб. Рассмотрим первый этап.

В результате относительного перемещения вальцов 3 и 4 и воздействия на основание плода переменных сил R_3 и R_4 на плод оказывает влияние переменный по величине и направлению момент. Плодоножка при этом изгибается и растягивается так, что наибольшее напряжение испытывают крайние наружные или внутренние волокна в месте прикрепления плодоножки к плоду. Разрыв плодоножки произойдет, как только напряжения в месте соединения с плодом достигнут критических значений.

Примем, что плодоножка – гибкая нить, прикрепленная к середине основания плода, а сила P направлена вдоль среднего волокна плодоножки, d_n – диаметр плода; l – длина плодоножки на участке 5–6; μ_1 – угол между прямыми 5–6 и 5–7, определяющий направление силы P , μ_2 – угол между прямыми 1–2 и O_3O_4 , определяющий положение основания плода в рабочей щели.

Расчетами установлено, что $\mu_1 = 0 \div 10^0$. В результате проектирования сторон трапеций $1O_356$ и $2O_456$ на направления 5-6 и O_3O_4 и преобразований получим

$$\sin \alpha_3 = \frac{4l n r_3 \pm \sqrt{4n l r_3 - 2(m^2 - 4l^2)[n^2 - (2m - r_3)^2]}}{2(m^2 - \Delta l^2) \cdot r_3^2},$$

$$\sin \alpha_4 = \frac{2l - r_3 \cdot \sin \alpha_3}{r_4}, \quad (2)$$

где m – разница радиусов смежных вальцов, $m = r_4 - r_3$; n – разница между длиной плодоножки и m , $n = 4l^2 - r_4^2 - r_3^2 = m$.

Длина плодоножки l может быть принята равной

$$l = r_{cp} \cdot \sin \left(\arccos \frac{c - d_n}{2r_{cp}} \right), \quad (3)$$

где r_{cp} – средний радиус вальцов, $r_{cp} = \frac{r_3 + r_4}{2}$.

Из трапеции 1O₃56 следует:

$$\sin \mu_2 = \frac{2(1 - r_3 \cdot \sin \alpha_3)}{d_n}. \quad (4)$$

Если $\varphi_3 < \alpha_3 - \mu_2$ и $\varphi_4 < \alpha_4 + \mu_2$, то из уравнений моментов сил R_3 , R_4 и P относительно точек 1 и 2 имеем соответственно

$$R_3 = \frac{Pd_n \cdot \cos \mu_2 - 2M_u}{2d_n \cdot \sin(\alpha_3 + \varphi_3 - \mu_2)}, \quad R_4 = \frac{Pd_n \cdot \cos \mu_2 - 2M_u}{2d_n \cdot \sin(\alpha_4 + \varphi_4 + \mu_2)}, \quad (5)$$

где M_u – момент сопротивления плодоножки изгибу, $M_u = 0,04-0,07$ Н·м.

Если $\varphi_3 > \alpha_3 - \mu_2$ и $\varphi_4 > \alpha_4 + \mu_2$, то

$$R_3 = \frac{2M_u - Pd_n \cdot \cos \mu_2}{2d_n \cdot \sin(\varphi_3 - \alpha_3 + \mu_2)}, \quad R_4 = \frac{2M_u - Pd_n \cdot \cos \mu_2}{2d_n \cdot \sin(\varphi_4 + \alpha_4 + \mu_2)}. \quad (6)$$

Примем, что ε_1 и ε_2 – углы между направлениями нормальных давлений N_3 и N_4 и скоростей V_1 и V_2 соответственно. Если скорости V_1 и V_2 направлены вне углов трения φ_3 и φ_4 , т. е. $\varepsilon_1 > \varphi_3$ и $\varepsilon_2 > \varphi_4$, то вальцы 3 и 4 пробуксовывают по основанию плода, и направления векторов \bar{R}_3 и \bar{R}_4 определяются значениями углов φ_3 и φ_4 , а модули R_3 и R_4 – по формулам (6). Если $\varepsilon_1 < \varphi_3$ и $\varepsilon_2 < \varphi_4$, то направления векторов \bar{R}_3 и \bar{R}_4 совпадают с направлениями V_1 и V_2 соответственно. Тогда, определяя модули R_3 и R_4 , в формулах (6) и (7) вместо φ_3 и φ_4 следует подставить значения ε_1 и ε_2 соответственно.

Итак, положение основания плода в начале соприкосновения его с вальцами определяется соотношением диаметров вальцов d_3 и d_4 и основания плода d_n . В свою очередь величины и направления сил R_3 и R_4 зависят от положения основания плода в рабочей щели, а также от значений φ_3 и φ_4 .

Если $\varepsilon_1 > \varphi_3$ и $\varepsilon_2 > \varphi_4$, то условия для незахвата плода вальцами 3 и 4 будут выглядеть так:

$$\alpha_3 - \mu_2 > \varphi_3, \quad \alpha_4 + \mu_2 > \varphi_4, \quad (7)$$

где $\alpha_3 - \mu_2$ и $\alpha_4 + \mu_2$ – углы, заключенные между плоскостью основания плода и направлением сил N_3 и N_4 соответственно.

Если $\varepsilon_1 < \varphi_3$ и $\varepsilon_2 < \varphi_4$, то условия для незахвата плода вальцами 3 и 4:

$$\alpha_3 - \mu_2 < \varphi_3, \quad \alpha_4 + \mu_2 < \varphi_4. \quad (8)$$

Время отделения плода от стебля планетарными вальцами t_0 определено по формуле:

$$t_0 = \frac{\varepsilon_0 \mathbf{l}}{\rho_1 \omega_1 + V_{ст}}, \quad (9)$$

где ε_0 – относительное удлинение плодоножки; \mathbf{l} – длина плодоножки; ρ_1 – радиус начальной окружности перекатывания барабана 1 по барабану 2, $\rho_1 = \frac{A \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}$, A – расстояние между центрами барабанов 1 и 2; $V_{ст}$ – скорость стебля.

Мощность, потребная для отделения плода от стебля вальцами двухбарабанного аппарата W_n , равна:

$$W_n = t_0 e_c \cdot e_n [M_3' (\omega_3 - \omega_2) + M_4' (\omega_4 - \omega_1)], \quad (10)$$

где e_c – количество стеблей, одновременно находящихся в рабочей щели; e_n – среднее количество плодов на стебле; M_3' и M_4' – момент равнодействующих сил R_3 и R_4 относительно мгновенных осей вращения вальцов 3 и 4.

Мощность, расходуемая на отбрасывание плода вальцами W_q , определяется по формуле:

$$W_q = \frac{q}{9,8} e_c \cdot e_n [A \omega_1 - r_2 (\omega_1 - \omega_2) + \rho_1 \omega_1]^2, \quad (11)$$

где q – масса одного плода.