

РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛИМОСТИ МЕХАНИЗМА ПОДПРЕССОВКИ ПИТАЮЩЕГО АППАРАТА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

С. Н. Бобыренко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

Основу уборочного процесса современного кормопроизводства составляют кормоуборочные комбайны с мощностью двигателя от 250 до 1000 л. с.

Процесс уборки кормов ввиду сжатых агротехнических сроков и свойств кормовой массы требует высокой надежности узлов кормоуборочного комбайна и устойчивого протекания технологического процесса [1].

Качество выполнения технологического процесса, а следовательно, и приготовленного корма, определяется как параметрами измельчающего аппарата, так и физико-биологическими параметрами слоя растительной массы (РМ), поступающей в зону резания. Формирование слоя РМ происходит в питающем аппарате (ПА) и определяется геометрическими и силовыми параметрами механизма подпрессовки (МП).

В общем случае МП (рис. 1) состоит: из рычагов OA , соединяющего верхний задний валец с рамой ПА, и AB , соединяющего верхние вальцы между собой, а также четырех пружин GE и FH (по две с левой и правой стороны). При увеличении подаваемого слоя РМ верхние вальцы перемещаются вверх, растягивая пружины, закрепленные на рычаге AB . Верхний задний валец совершает перемещение по дуге с радиусом OA , в то время как верхний передний валец перемещается по дуге с радиусом AB , с центром в точке A .

Точка B совершает плоскопараллельное движение по сложной траектории относительно рамы ПА, так как ее положение определяется не только положением центра вращения (точки A), но и высотой поступающего слоя РМ, который может варьироваться от наибольшей (валец поднят максимально вверх) до наименьшей величины (минимальный зазор между верхними и нижними вальцами).

Так как слой РМ, определяющий зазор между передними и задними вальцами, является упруговязким телом, описываемым четырехкомпонентной моделью Кельвина-Фойгта [2], то кинематическим аналогом слоя РМ может служить гидродоцилиндр.

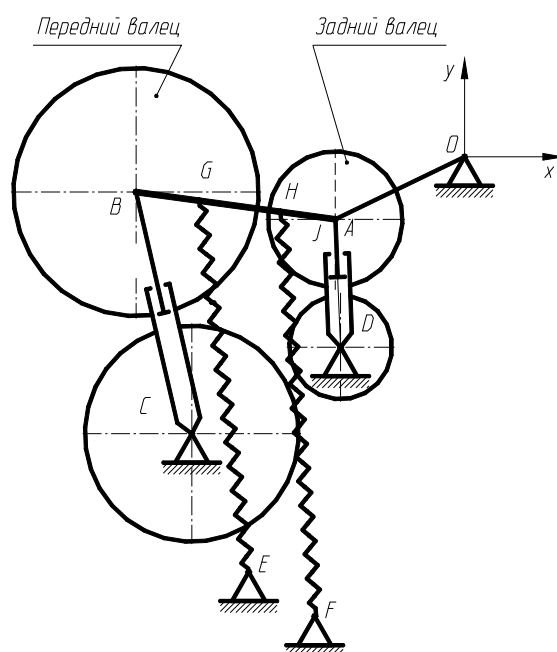


Рис. 1. Структурная схема механизма подпрессовки

Проецируя на продольную плоскость симметрии центры шарниров МП и основываясь на параллельности их между собой, получаем геометрическую модель аналога плоского рычажного механизма.

Для определения степени свободы структурной схемы МП воспользуемся формулой Чебышева [3]:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4 = 3 \cdot 10 - 2 \cdot 14 = 2,$$

где W – степень свободы структурной схемы механизма; n – число подвижных звеньев механизма; p_5, p_4 – число кинематических пар соответственно 4-го и 5-го классов.

Наличие двух степеней свободы МП связано с дополнительной подвижностью заднего вальца, т. е. с возможностью изменения зазора СВ между передними вальцами без изменения зазора DJ между задними вальцами и наоборот, что свидетельствует о статической неопределимости механизма.

Для решения статической неопределимости механизма необходимо определить зависимость между зазорами передних и задних вальцев.

В общем случае зазор между вальцами:

$$\Delta = \frac{F \cdot \Delta_0 - P_0 - b\omega R(D_1 + D_2)}{F + \frac{b\omega R}{H_H}(D_1 + D_2)},$$

где F – усилие сжатия пружины; Δ_0 – первоначальный зазор между вальцами; P_0 – вес верхнего вальца; b – ширина вальца; D_1, D_2 – параметры, зависящие от обрабатываемой культуры; H_H – толщина слоя массы в момент контакта с вальцами; ω – угловая скорость вращения верхнего вальца; R – радиус верхнего вальца.

Параметры D_1 и D_2 отражают влияние физико-механических свойств культуры на формирование толщины слоя и определяются выражениями:

$$D_1 = \frac{E \left(-\frac{\lambda_0}{E_0} \omega^2 + \frac{E}{\lambda_0} \right) + \lambda \omega^2 \left(1 + \frac{E}{E_0} + \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)}{\left(-\frac{\lambda_0}{E_0} \omega^2 + \frac{E}{\lambda_0} \right)^2 + \omega^2 \left(1 + \frac{E}{E_0} + \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^2},$$

$$D_2 = \frac{E \omega \left(1 + \frac{E}{E_0} + \frac{\lambda}{\lambda_0} \right) - \lambda \omega \left(-\frac{\lambda_0}{E_0} \omega^2 + \frac{E}{\lambda_0} \right)}{\left(-\frac{\lambda_0}{E_0} \omega^2 + \frac{E}{\lambda_0} \right)^2 + \omega^2 \left(1 + \frac{E}{E_0} + \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^2},$$

где E_0, E – соответственно мгновенный и длительный модули упругости РМ; λ_0, λ – модули вязкости, определяющие протекание процессов релаксации и ползучести при деформации РМ.

Параметры $E_0, E, \lambda_0, \lambda$ изменяются в зависимости от влажности, периода вегетации и других свойств РМ, а также степени воздействия со стороны вальцев, поэтому определяются экспериментально для различных культур.

Толщина слоя на выходе из вальца:

$$H_1 = \Delta + D_i(1 - \cos \omega t_1),$$

где t_1 – время начала отрыва слоя РМ от вальца; D_i – диаметр верхнего вальца.

Тогда толщина слоя РМ между передними вальцами будет определяться как:

$$\Delta_1 = \frac{F_1 \cdot \Delta_{01} - P_1 - b \omega R_2 (D_1 + D_2)}{F_1 + \frac{b \omega R_2}{H_A} (D_1 + D_2)},$$

где H_A – толщина слоя РМ поступающей от адаптера; F_1 – усилие подпрессовки на переднем вальце; P_1 – вес верхнего переднего вальца; Δ_{01} – зазор между передними вальцами до начала подачи РМ.

Толщина слоя РМ между задними вальцами:

$$\Delta_2 = \frac{F_2 \cdot \Delta_{02} - P_2 - b \omega R_4 (D_1 + D_2)}{F_2 + \frac{b \omega R_4}{H_1} (D_1 + D_2)},$$

где F_2 – усилие подпрессовки на заднем вальце; P_2 – вес заднего вальца; Δ_{02} – зазор между задними вальцами до начала подачи РМ.

Движение слоя РМ предполагает разницу во времени T_Δ между образованием зазоров Δ_1 и Δ_2 , которая будет составлять:

$$T_\Delta = \frac{S}{\omega R_2},$$

где S – расстояние между осями вальцевых пар.

Таким образом, в результате проведенной работы были определены зависимости между толщиной слоя РМ на передних и задних вальцах, что позволило решить

статическую неопределимость МП. Исходя из разработанных зависимостей, достаточно просто формируется математическая модель МП для определения выходных параметров слоя РМ и соответственно энергоемкости и качества выполнения процесса измельчения РМ кормоуборочным комбайном.

Л и т е р а т у р а

1. Павловский, В. К. Технологии заготовки высококачественных кормов из трав и силосных культур (рекомендации) / В. К. Поплавский. – Минск : РУП «НПЦ НАНБ по механизации сельского хозяйства», 2008. – 48 с.
2. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1975. – 311 с.
3. Попов, В. Б. Формирование функциональной математической модели механизма плющения растительной массы / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – № 3. – 2007.