

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПИТАЮЩЕ-ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КСК-600

В. В. Венгер

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

Научный руководитель В. Б. Попов

Основной задачей, решаемой в процессе заготовки кормов, является максимально возможный выход питательных веществ с единицы площади кормовых угодий и минимальные потери питательной ценности исходного сырья в процессе консервирования и хранения. Такого результата можно достичь лишь при уборке кормовых культур в оптимальные фазы вегетации и строгом соблюдении технологических требований процессов кормопроизводства, а также при оптимальном плотности прессования растительной массы.

Недостатком прессования является невозможность регулирования усилия сжатия листостебельной массы по всей рабочей зоне прессования одновременно. При эксплуатации широкозахватной и скоростной техники плотность отжимаемой массы меняется в значительных пределах и вследствие этого при такой конструкции устройства происходит неравномерное усилие сжатия по всей рабочей зоне прессования, что существенно влияет на качество продукции (масса становится неравномерной по влажности).

Целью работы является увеличение равномерности и степени плющения листостебельной массы путем одновременного изменения усилия ее сжатия по всей рабочей зоне прессования. Указанная цель достигается в результате того, что транспортирующие и прессующие валцы имеют одинаковую скорость и устройство, позволяющее регулировать усилие сжатия листостебельной массы одновременно по всей зоне прессования.

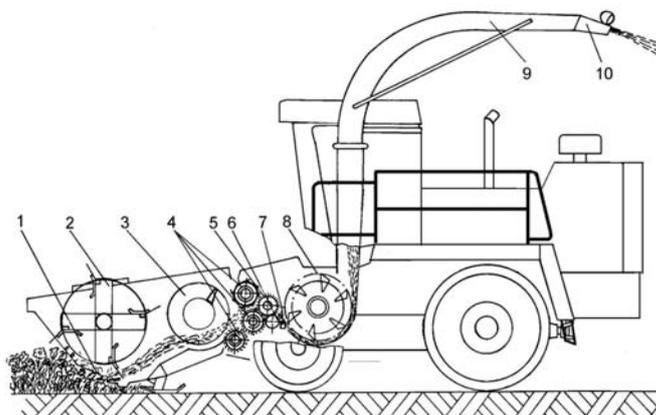


Рис. 1. Схема технологического процесса комбайна с жаткой для трав:

- 1 – режущий аппарат; 2 – мотовило; 3 – шнек; 4 – валцы передние;
5 – валец подпрессовывающий; 6 – валец гладкий; 7 – брус противорежущий;
8 – барабан измельчающий; 9 – силосопровод; 10 – козырек*

При наличии ФММ проблема параметрического синтеза МП решается с помощью ПЭВМ. Параметрический синтез МП заданной структуры заключается в определении численных значений его внутренних параметров, обеспечивающих наилучшие значения основного показателя качества МП, при одновременном выполнении условий работоспособности МП.

Функциональная математическая модель (ФММ) анализа свойств МП [2] является составной частью математической модели параметрической оптимизации. Для каждой структурной схемы МП (рис. 2) определяются его выходные параметры, однозначно зависящие от обобщенной координаты – расстояния между центрами валцов (Y).

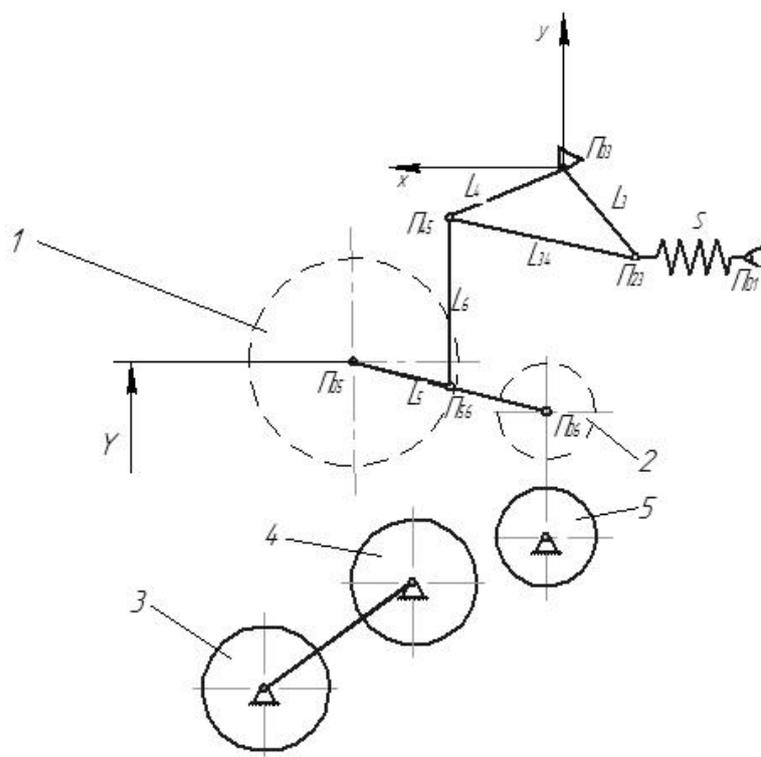


Рис. 2. Структурная схема питающего аппарата КСК-600:
1 – валец передний верхний; 2 – валец задний верхний; 3 – валец передний нижний; 4 – валец средний нижний; 5 – валец задний нижний

В качестве управляемых параметров МП, определяющих его конструктивный вариант, были выбраны: координаты шарнира крепления блока пружин – X_{01}, Y_{01} , а также параметры поворотного рычага – $L_3, \varphi_{34}, L_{34}$. Следует отметить, что число управляемых параметров и диапазон их изменения ограничены условиями серийного производства. Рационально выбранные точки крепления звеньев МП и их геометрические размеры должны обеспечивать его надежную работу на составляющих технологического процесса: захват, протягивание и плющение РМ.

Текущая длина растянутой пружины МП ограничивается в соответствии с выражением:

$$S(Y_{\min}) < S(Y) < L_4 + \sqrt{(Y_{03} - Y_{01})^2 + (X_{03} - X_{01})^2}. \quad (1)$$

Каждому фиксированному значению набора управляемых параметров $\vec{X} = \{X_{01}, Y_{01}, L_3, \varphi_{34}, L_{34}\}$ соответствуют значения передаточного числа и удельного давления в диапазоне изменения обобщенной координаты.

В случае, если (1, 2, 3) выполняются, рассчитываются и запоминаются значения передаточных чисел для МП соответствующей структуры – $I(Y)$:

$$I(Y) = \varphi'_3 \cdot U_{34} \cdot L_4 \cdot \cos \varphi_{34}(Y),$$

где $\varphi'_3(Y)$ – аналог угловой скорости рычага; $U_{34}(Y)$ – передаточное отношение; L_4, φ_3 – длина звена и угол, образуемый \vec{L}_4 с осью абсцисс, в правой системе координат.

Передаточное отношение:

$$U_{34}(Y) = \omega_3 R = \omega_3 L_{34},$$

находим угловую скорость $\omega_3 = \varphi'_3 S$.

Затем рассчитывается соответствующее удельному давлению между вальцами $p(Y)$ значение усилия на пружине:

$$F_{\text{пр}}(Y) = p(Y) \frac{y'_{05}}{I(Y)S}, \quad (2)$$

где $F_{\text{пр}}(Y)$ – усилие на пружине; $I(Y)$ – передаточное число МП; S – длина пружины.

Целевая функция $Z(Y)$ формируется на основе аналитического выражения для удельного давления между вальцами в соответствии со стратегией частного критерия [6]:

$$Z(Y) = \sum_{i=1}^n |p_{\text{ср}} - p(Y_i)| \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $p_{\text{ср}}$ – среднее значение давления на интервале от 1-го до n -го шага; $p(Y_i)$ – дискретное значение функции давления на i -том шаге.

Поиск экстремума целевой функции выполнялся по методу градиента.

Для выбранной структуры и внутренних параметров плоских аналогов механизма плющения на основе сформированной ФММ был проведен вычислительный эксперимент.

Основные результаты эксперимента сведены в таблицу.

Зависимость выходных параметров модернизированного механизма плющения от обобщенной координаты

Зазор между вальцами	Длина сжатой пружины	Передаточное число механизма	Нагрузка на пружине	Сила давления подвижного вальца
Y [м]	$S(Y)$ [м]	$I(Y)$ [–]	$F_{\text{пр}}(Y)$ [Н]	$P(Y)$ [Н]
–0,210	0,675	2,331	651,35	1120,56

Окончание

Зазор между вальцами	Длина сжатой пружины	Передаточное число механизма	Нагрузка на пружине	Сила давления подвижного вальца
-0,191	0,667	2,418	1567,54	2356,41
-0,164	0,652	2,525	3546,25	3561,53
-0,152	0,645	2,664	4523,34	4201,23
-0,134	0,638	2,862	5264,14	4625,47
-0,112	0,631	3,171	5978,60	5140,28

В данной работе предлагается методика параметрического синтеза устройства плющения растительной массы питающим аппаратом КСК-600 и соответствующие результаты исследования. Разработанный способ модернизации параметров механизма плющения может быть использован как в прицепных, так и в самоходных комбайнах-плющилках.

Аналитическое решение задачи проектирования питающе-измельчающего аппарата представляет собой итерационное выполнение процедур анализа на основе сформированной ФММ, а также процедур сравнения и перебора вариантов в процедуре параметрического синтеза МП. Оно состоит в выборе комбинации внутренних параметров плющильного устройства, соответствующих выбранной структуре МП, которые, удовлетворяя функциональным ограничениям, одновременно стабилизируют давление со стороны верхних на нижние вальцы.

Литература

1. Долгов, И. А. Кормоуборочные машины: Теория, конструкция, расчет / И. А. Долгов ; Дон. гос. техн. ун-т, Ростов н/Д : ДГТУ, 1996.
2. 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.