

положение канала для подвода жидкости на резьбовой пробке позволяет регулировать его местоположение канала в зависимости от требуемого режима работы. Кроме того, канал для подачи жидкости должен быть повернут в горизонтальной плоскости на сторону всасывания под углом $\alpha = 40...70^\circ$ для создания давления на лопатки ротора тангенциальной составляющей (c_t) скорости (c) жидкостной струи (рис. 5б, г).

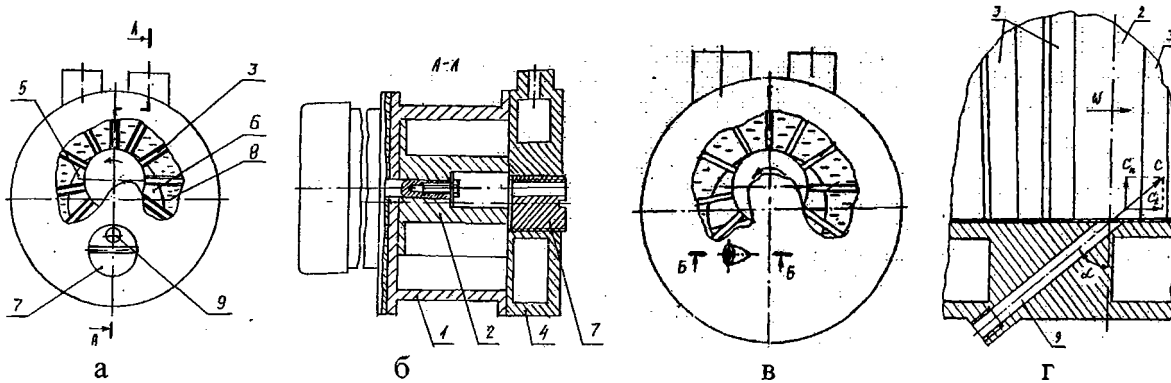


Рисунок 5. Способы активизации взаимодействия струи жидкости и лопатки

Заключение

На основании теоретических исследований определены наиболее существенные параметры узла подвода рециркуляционной жидкости: диаметр и наклон канала, радиальное и угловое положение отверстия. Экономия мощности от активного взаимодействия струи рециркуляционной жидкости и лопаток рабочего колеса обеспечивается. Канал подвода рециркуляционной жидкости целесообразно располагать в серповидном пространстве на стороне нагнетания на расстоянии 0,5–0,9 радиуса рабочего колеса.

Литература

1. Угинчус, А.А. Гидравлика и гидравлические машины. Харьков. : Изд-во Харьковского университета. 1970, с. 219–222

УДК 631.358: 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВЫВЕШИВАНИЯ АДАПТЕРА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Попов В.Б. (УО ГГТУ им. П.О. Сухого)

В статье рассматриваются проблемы копирования рельефа адаптером кормоуборочного комбайна. Показаны некоторые приемы формализованного описания механизма вывешивания адаптера. Вниманию предлагается способ решения проблемы качественного копирования опорной поверхности. Даются рекомендации по рациональному выбору параметров механизма вывешивания адаптера.

Введение

Снижение потерь кормов в процессе уборки самоходным кормоуборочным комбайном (СКК) связано в том числе и с обеспечением правильного функционирования механизма вывешивания адаптера (МВА). МВА предназначен для качественного копирования рельефа башмаками жатки или подборщика в заданном диапазоне вертикального перемещения адаптера относительно самоходного измельчителя.

При этом башмаки адаптера должны иметь постоянный контакт с почвой, а нагрузка на них должна оставаться в заданных пределах. Поэтому наиболее полной характеристикой, описывающей процесс копирования, является реакция под башмаками жатки.

Задача МВА состоит в стабилизации давления башмаков на опорную поверхность, когда безотрывное копирование башмаками рельефа обеспечивает требуемую высоту среза кормовой культуры.

Постановка задачи

Во время уборки кормов колеса самоходного измельчителя копируют микрорельеф, оказывая влияние на положение жатки и режущего аппарата, которые в свою очередь, совершают сложное движение относительно корпуса самоходного измельчителя. Жатка контактирует башмаками с опорной поверхностью лишь небольшой частью своего веса, в то время как большая его часть через МВА компенсируется механическими пружинами.

Цель работы заключается в формировании методики решения задачи выбора рациональных параметров МВА, а также в разработке рекомендаций, способствующих обеспечению требуемого качества копирования адаптером опорной поверхности.

МВА СКК представляет собой пространственный механизм, состоящий из двух снабженных блоками пружин одинаковых конструкций, которые, как правило, расположены симметрично относительно продольной плоскости симметрии адаптера.

Идеализуя геометрическую модель МВА считаем, что оси, проходящие через центры шарниров его звеньев параллельны друг другу, а сами звенья - несжимаемы, тогда правая и левая части механизма, будучи спроецированы на продольную плоскость симметрии СКК, образуют плоский аналог пространственного МВА (рис.1).

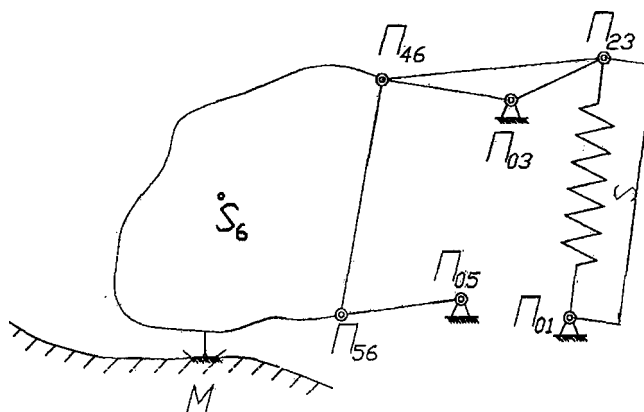


Рисунок 1. Схема копирования рельефа адаптером кормоуборочного комбайна

Структурный анализ идентифицирует замкнутую кинематическую цепь как одноподвижный шестизвенник [1]. Поэтому положение характерных точек выходного звена кинематической цепи – центра тяжести жатки (S_6) и точки контакта её башмака с опорной поверхностью (M) однозначно определяется обобщенной координатой S. Геометрический, а и затем кинематический анализ МВА выполняются в правой декартовой системе координат XOY в соответствии с результатами структурного анализа. На основе методики изложенной в [1], кинематическая цепь представляется замкнутыми векторными контурами (рис.2).

В ходе решения задачи о положениях подвижных шарниров МВА последовательно рассматриваются контур $L_{13}SL_3L_4$ и присоединенная к нему группа Ассура 2-го порядка 1-го вида L_5L_6 . В результате геометрического анализа получены аналитические выражения для координат центра тяжести жатки (x_{S_6} , y_{S_6}) и точки контакта башмака с опорной поверхностью (x_M , y_M):

$$\begin{aligned} x_{S_6}(S) &= x_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}), & x_M(S) &= x_{S_6}(S) + L_M \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_M) \\ y_{S_6}(S) &= y_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}), & y_M(S) &= y_{S_6}(S) + L_M \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_M), \end{aligned} \quad (1)$$

где, $x_{S_6}(S)$, $y_{S_6}(S)$ – координаты оси подвеса жатки;

L_{S_6} , φ_{S_6} и L_M , φ_M – параметры, жестко связывающие характерные точки со звеном L_6 .

Дифференцируя выражения для вертикальных координат характерных точек (1) по времени и выполняя некоторые преобразования [2], получим аналитические выражения для аналогов вертикальных составляющих скоростей этих точек:

$$I_{S_6}(S) = \varphi_3'(S) \cdot [U_{54}(S) \cdot L_5 \cdot \cos(\varphi_5(S)) + U_{64}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6})]; \quad (2)$$

$$I_M(S) = \varphi_3'(S) \cdot [U_{54}(S) \cdot L_5 \cdot \cos(\varphi_5(S)) + U_{64}(S) \cdot L_M \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_M)], \quad (3)$$

где, $\varphi_3'(S)$ – аналог угловой скорости звена;

$L_3(L_4)$; U_{54}, U_{64} – передаточные отношения, связывающие соответственно угловые скорости звеньев L_5, L_4 и L_6, L_4 .

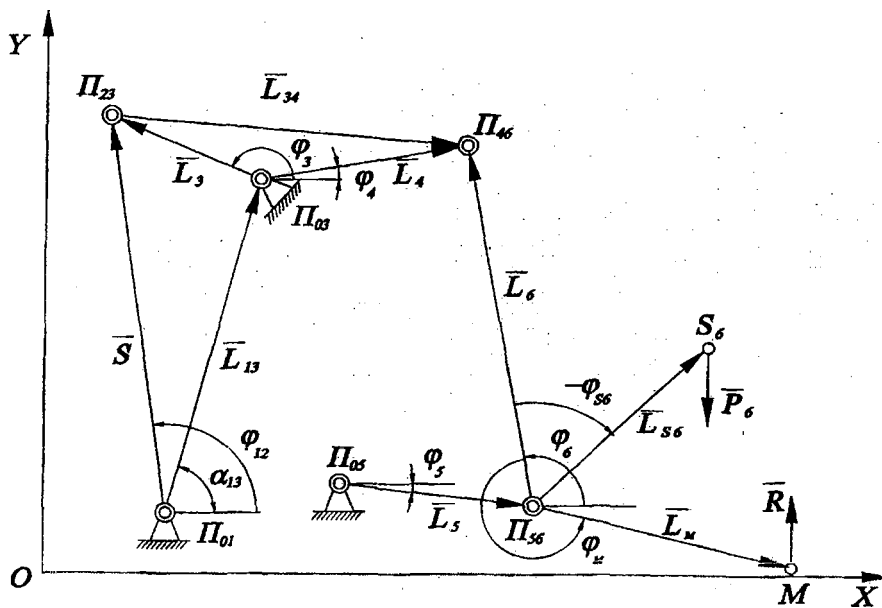


Рисунок 2. Векторная интерпретация плоского аналога МВА в правой декартовой системе координат

Выражение для приведенной к пружине нагрузки $F_{PR}(S)$, полученное из уравнения равновесия МВА имеет вид:

$$F_{PR}(S) = P_6 \cdot I_{S_6}(S) - R \cdot I_M(S) + F_{тр}^{np} \pm F_{ин}^{np}, \quad (4)$$

где $F_{тр}^{np}$, $F_{ин}^{np}$ – соответственно приведенные силы трения и инерции.

Реакция R на башмаке (рис. 2) это сила противодействия давлению со стороны башмака на опорную поверхность. Растяжение пружин МВА у неподвижного СКК ($S = S_0$) компенсирует приведенную нагрузку и определяет силу давления башмаков на опорную поверхность в положении статического равновесия, как это следует из (4). При этом, подтвержденная экспе-

риментально, величина предварительного растяжения пружины $\Delta X(S_0)$ рассчитывается по выражению:

$$\Delta X(S_0) = \frac{P \cdot I_{S_6}(S_0) - R_0 \cdot I_M(S_0)}{C}, \quad (5)$$

где C - жесткость пружины (блока пружин);

R_0 - настраиваемая сила давления башмака при равенстве вертикальных координат точек контакта с поверхностью у него и колеса СКК.

В процессе копирования рельефа вертикальная координата точки контакта башмака с опорной поверхностью (Y_M) изменяет свое расположение относительно точки аналогичного контакта колеса самоходного измельчителя. Её вертикальные колебания относительно этого (нулевого) уровня в заданном диапазоне сопровождаются соответствующими изменениями S , что приводит к росту растяжения пружины $\Delta X(S)$ при уменьшении Y_M и сокращению растяжения при росте Y_M [3]. Одновременно с этими параметрами изменяются и передаточные числа (2) и (3) МВА. В результате, на уровне Y_M отличном от нулевого, реакция на башмаке будет отличаться от первоначального значения R_0 . В заданном диапазоне колебания $Y_M(S)$ реакция на башмаке рассчитывается по выражению:

$$R(S) = \frac{1}{I_M(S)} \cdot [P \cdot I_{S_6}(S) - C \cdot \Delta X(S) + F_{mp}^{np} \pm F_{ин}^{np}] \quad (6)$$

Сила давления башмака на опорную поверхность зависит от геометрических и кинематических параметров МВА, массо-геометрических параметров адаптера, характеристики пружины, скорости движения СКК, а также характеристики микрорельефа и представляет количественную характеристику качества копирования. С помощью её упрощенного аналитического выражения можно предварительно выбрать рациональное сочетание внутренних параметров проектируемого МВА. Например, три варианта статической характеристики МВА, полученные для трех высот среза, имеющие форму парабол, приведены на рис. 3. Идеальная статическая характеристика копирования опорной поверхности должна располагаться параллельно оси абсцисс. Однако для данного типа МВА это невозможно, поскольку цилиндрические пружины с постоянной жесткостью не обеспечивают неизменности реакции на башмаках в диапазоне копирования.

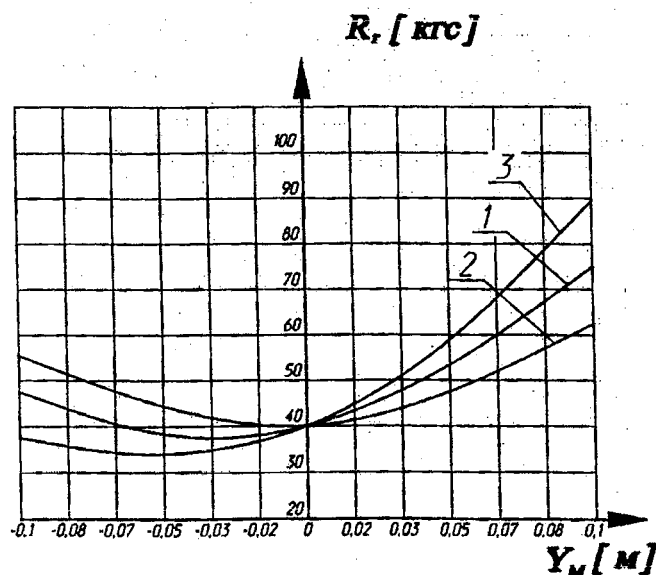


Рисунок 3. Статическая характеристика МВА

В процессе движения СКК адаптер подвергается воздействиям, как со стороны самоходного измельчителя, так и от микропрофиля опорной поверхности [4]. Даже при движении СКК с постоянной скоростью, адаптер, совершая относительно измельчителя сложное движение, развивает определенную силу инерции. Величина этой силы зависит от массо-инерционных характеристик адаптера, скорости движения самоходного измельчителя и характеристик микрорельефа. Приведенная к пружине сила инерции определяется по выражению:

$$F_{ин}^{np} = m_6 \cdot a_{s6} \cdot I_{s6} + J_6 \cdot \varepsilon_6 \cdot \phi_6', \quad (7)$$

где m_6, J_6 – соответственно масса и момент инерции адаптера;
 a_{s6}, ε_6 – соответственно линейное и угловое ускорения адаптера;
 ϕ_6' – аналог угловой скорости адаптера.

Приведенная к пружине сила трения зависит от силы трения скольжения башмаков об опорную поверхность, сил трения в шарнирах, а также геометрических и кинематических параметров МВА. Влияние сил инерции и трения на характер копирования опорной поверхности увеличивается как с ростом кинематического воздействия со стороны микрорельефа опорной поверхности, так и с ростом скорости самоходного измельчителя. Поэтому резонно предположить, что в динамике реальное изменение силы реакции на башмаках адаптера, в заданном диапазоне копирования, будет выражено резче. На начальной стадии разработки или модернизации МВА проще использовать его статическую характеристику. В том случае, если эта характеристика нас не устраивает, вариант МВА рекомендуется отбросить, поскольку весьма маловероятно, чтобы при использовании цилиндрических пружин его реальная (динамическая) характеристика копирования микрорельефа опорной поверхности окажется лучше.

Заключение

Поддержание требуемой высоты среза снижает потери кормов и обеспечивается непрерывным контактом башмаков с опорной поверхностью. При этом чрезмерное давление башмака разрушает стерню и ведет к его ускоренному износу, а недостаточное провоцирует потери кормов.

Обеспечить большую стабильность давления башмаков на почву в заданном диапазоне копирования можно при помощи предварительной наладки пружинных блоков МВА. С этой целью рекомендуется откорректировать первоначальную нагрузку, приходящуюся на его правую и левую части. Получение желаемой статической характеристики МВА на стадии его проектирования является предпосылкой удовлетворительного характера копирования микрорельефа в процессе эксплуатации кормоуборочных комбайнов.

Полученные аналитические выражения для определения передаточных чисел МВА и реакции на башмаке адаптера могут быть использованы для оценки функционирования МВА с идентичной структурой, а также в оптимизационных математических моделях в качестве критериев оптимальности.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 640с.
2. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2000, №2, с. 25 - 29.
3. Попов В.Б. Математическое моделирование механизма вывешивания косилки-плющилки прицепной КПП-4.2 // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2001, №3-4, с. 17-22.
4. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов, Л., 1970.