

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА СИЛОСОПРОВОДА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

М.А. Островский

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

Научный руководитель В.Б. Попов

Силосопровод измельчителя кормоуборочного комбайна предназначен для направления потока измельченной массы, поступающей из измельчающего барабана кормоуборочного комбайна, в кузов транспортного средства.

Математическое моделирование работы механизма поворота силосопровода (МПС) кормоуборочного комбайна составляет необходимое условие для его автоматизированного проектирования.

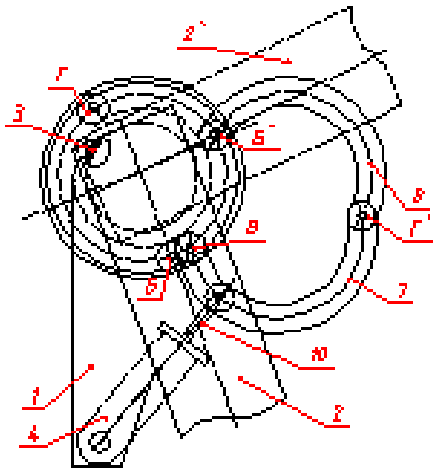


Рис. 1. Механизм поворота силосопровода
(вид сверху)

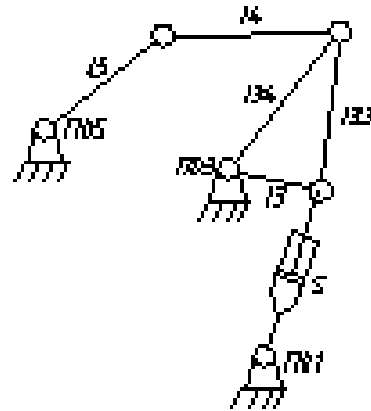


Рис. 2. Структурная схема механизма
поворота силосопровода

МПС (рис. 1) включает: неподвижное основание 1; поворотную часть 2, опирающуюся на это основание посредством подшипникового узла 3 и привод поворотной части 2, состоящий из силового гидроцилиндра 4, шарнирно закрепленного одним концом на кронштейне неподвижного основания 1. Другим концом гидроцилиндр 4 шарнирно соединен с рычажным механизмом 6, выполненным в виде двух шарнирно соединенных между собой дугообразных рычагов 7 и 8, имеющих разную длину.

Меньший рычаг 8 соединен шарниром Б с поворотной частью 2 силосопровода, а больший рычаг 7 шарниром В с кронштейном неподвижного основания 1. Гидроцилиндр 4 своим корпусом 9 закреплен на кронштейне 5 и соединен с рычагом 7 вблизи шарнира В головкой своего штока 10. Рычаги 7 и 8 соединены между собой шарниром Г. Шарниры Б и В расположены в разных плоскостях.

В процессе заполнения кузова массой (рис. 3) положение силосопровода непрерывно изменяется под действием МПС, приводимого в движение гидроцилиндром.

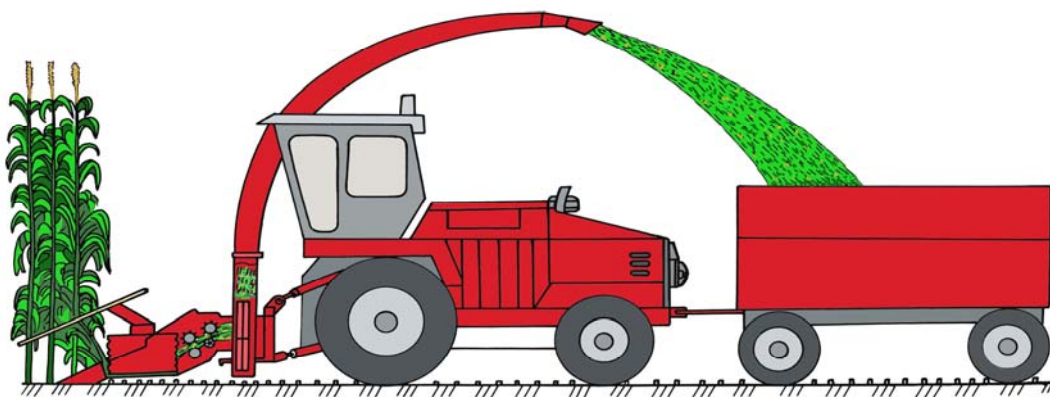


Рис. 3. Общий вид расположения силосопровода

Проектирование и конструирование МПС связано с выбором рациональных параметров рабочего гидроцилиндра привода и звеньев механизма поворота. Геометрическую модель МПС на горизонтальной плоскости получают, полагая, что оси, проходящие через центры шарниров звеньев МПС, параллельны друг другу. Плоский аналог пространственного механизма по классификации Ассур идентифицируется как одноподвижный шестизвенный (рис. 2). Положение его выходной координаты – угла поворота радиуса основания силосопровода – L_5 однозначно связано с изменением обобщенной координаты – расстоянием между центрами шарниров гильзы и штока рабочего гидроцилиндра – S .

Полагая звенья МПС несжимаемыми, последовательно выполняем его геометрический и кинематический анализ его структурной схемы. Анализ выполняется по методу замкнутых векторных контуров, предложенным Зиновьевым. В результате определяются аналитические выражения для выходных параметров МПС и, в частности, угол поворота радиуса основания силосопровода – $\varphi_5(S)$ и передаточное число МПС – $\varphi'_5(S)$, определяемое из выражения

$$\varphi'_5(S) = \varphi'_3(S)U_{53}(S), \quad (1)$$

где $\varphi'_3(S)$ – аналог угловой скорости рычага L_3 ; $U_{53}(S)$ – передаточное отношение угловых скоростей звеньев L_5 и L_3 .

Передаточное отношение $U_{53}(S)$ определяется по выражению

$$U_{53} = \frac{\omega_5}{\omega_3} = \frac{L_{34} \sin(\varphi_{34} - \varphi_4)}{L_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_4)}.$$

Передаточное число МПС численно равно аналогу угловой скорости радиуса основания силосопровода. Аналитическое выражение для передаточного числа позволяет определить пропорциональную ему полезную нагрузку $F(S)$ на штоке гидроцилиндра и соответствующее ей давление в напорной магистрали гидропривода:

$$F(S) = M_5 \varphi'_5(S) \quad p_{\text{гн}}(S) = \frac{M_5 \varphi'_5(S)}{F_c \eta},$$

где $p_{\text{гн}}(S)$ – давление в напорной полости гидроцилиндра; F_c – площадь поршня гидроцилиндра; M_5 – момент нагрузки; η – механический КПД.

Характер изменения передаточного числа существенно влияет на способность гидроцилиндра посредством МПС повернуть основание силосопровода.

В свою очередь, момент нагрузки на МПС со стороны основания силосопровода равен:

$$M_5(S) = I \varepsilon_5(S),$$

где I – момент инерции силосопровода; $\varepsilon_5(S)$ – угловое ускорение основания силосопровода.

Анализ динамической модели гидропривода, нагруженной со стороны основания силосопровода через механизм поворота, дает возможность определить закон движения поршня гидроцилиндра, а затем рассчитать $\varepsilon_5(S)$:

$$\varepsilon_5 = \frac{d\omega_5}{dt} = \frac{d(\omega_3 U_{53})}{dt} = \varepsilon_3 U_{53} + \omega_3^2 U'_{53} \quad \omega_3 = \varphi'_3 \dot{S},$$

$$\text{тогда } \varepsilon_5 = \frac{d\omega_5}{dt} = \frac{d(\omega_3 U_{53})}{dt} = \varepsilon_3 U_{53} + \varphi_3'^2 \dot{S}^2 U'_{53} \quad \varepsilon_3 = \varphi_3'' \dot{S}^2 + \varphi_3' \ddot{S},$$

где $U'_{53}(S)$ – производная по обобщенной координате от передаточного отношения угловых скоростей звеньев L_5 и L_3 ; $\varphi_3''(S)$ – аналог углового ускорения поворотного рычага L_3 ; \dot{S} , \ddot{S} – соответственно скорость и ускорение штока гидроцилиндра.

Аналитические выражения для аналогов угловой скорости и ускорения рычага L_3 получают путем последовательного дифференцирования по обобщенной координате S аналитического выражения для угла $\varphi_3(S)$.

Аналогично на основе выражения для $U_{53}(S)$ получают $U'_{53}(S)$:

$$U'_{53}(S) = \frac{L_{34} \cos(\varphi_{34} - \varphi_4) + U_{43}^2(S)L_4 - U_{53}^2(S)L_5 \cos(\varphi_5 - \varphi_4)}{L_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_4)},$$

где $U_{43}(S)$ – передаточное отношение угловых скоростей звеньев L_4 и L_3 .

Результаты вычисления выходных параметров МПС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты вычислений выходных параметров МПС

$S, \text{ м}$	$\varphi_5, \text{ град}$	$\varphi'_3, \text{ 1/м}$	$\varphi'_5, \text{ 1/м}$	U_{53}	$P_{\text{гп}}, \text{ МПа}$
0,35	43,665	19,413	40	2,06	4,248
0,37	74,59	13,037	21,199	1,626	6,713
0,39	96,732	11,258	18,123	1,61	7,642
0,41	117,051	10,619	17,613	1,659	7,865
0,43	137,623	10,56	18,511	1,753	8,02
0,45	160,025	10,975	20,873	1,902	8,213
0,47	186,316	11,971	25,516	2,135	8,438
0,49	220,154	14,061	24,552	2,457	9,122
0,51	268,384	19,591	50,584	2,582	11,549

Таким образом, путем последовательного анализа замкнутой кинематической цепи, входным звеном которой является гидроцилиндр, а выходным – радиус основания силосопровода, была сформирована функциональная математическая модель, имитирующая процесс поворота силосопровода кормоуборочного комбайна.

Литература

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин /И.И. Артоболевский. – М: Машиностроение, 1988. – 640 с.