

# ПИТАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЛИНИЙ. КОМПЛЕКТАЦИЯ. СКЛАДИРОВАНИЕ. УПАКОВКА

УДК 621.798.34

**Л.А. Рабинович**, канд. техн. наук, доцент кафедры АПП, **Е.С. Брискин**, д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой Теоретической механики, **А.М. Макаров**, магистр, аспирант кафедры АПП (Волгоградский государственный технический университет, 400131, Волгоград, пр. Ленина, д. 28. Тел.: (8442)248443)  
E-mail: app@vstu.ru, dtm@vstu.ru, amm34@mail.ru

## Автоматизация подачи мешков из ткани на рабочие позиции фасовочного оборудования

*Разработана и исследована конструкция рычажно-шарнирного устройства для захвата, автоматического раскрытия и удержания мешков в процессе их затаривания сыпучим продуктом. Предложенная конструкция позволяет автоматизировать процесс захвата мешка из стопы и подачи его под загрузочный патрубок. Получено уравнение кривой провисания нижней части горловины мешка, на основе которого рассчитаны основные параметры устройства.*

*Designed and researched the construction arm swing capture device to capture the automatic disclosure and retention of bags in their download bulk products. This construction allows automating the process of capture of the bag from the foot and the boot under his sleeve. Equations curve sagging bottom of the bag and the neck, on which basis proposed the calculating it's main parameters.*

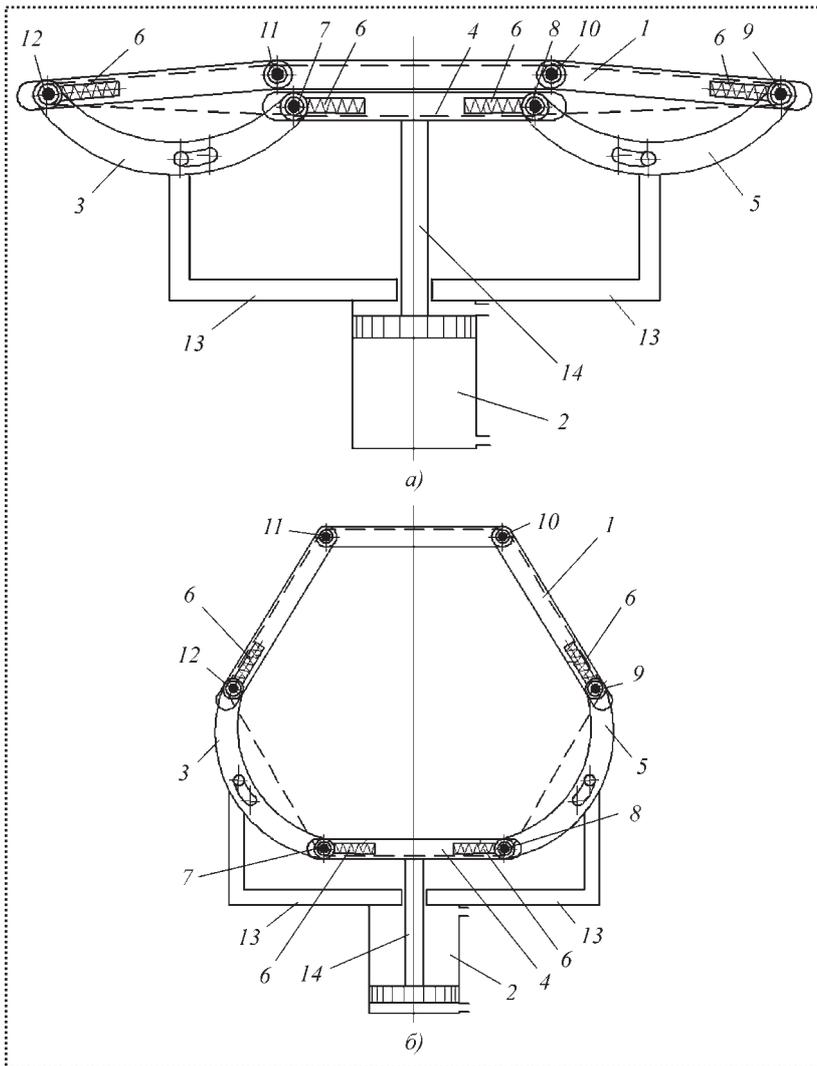
**Ключевые слова:** мешок, сыпучий продукт, расфасовка, автоматизация.

**Key words:** bag, bulk product, packaging, automation.

При расфасовке сыпучего продукта в пищевой, химической и других отраслях промышленности наименее автоматизирован процесс загрузки продукта в нежесткую тару [1] – мешки из различных материалов. Цикл процесса загрузки состоит из отделения мешка от стопы, захвата за непрошитую сторону, раскрытия горловины, подачи мешка под раструб загрузочного устройства, снятия с раструба, растягивания горловины в линию для прошивки.

Для автоматизации этого процесса предложено захватное устройство (рис. 1) на основе многозвенного рычажно-шарнирного механизма (РШМ), способное раскрыть, а после заполнения продуктом растянуть непрошитую горловину мешка в линию для последующей прошивки.

Захватное устройство кроме РШМ 1 содержит пневмопривод 2 линейного перемещения, который действует на РШМ, изменяя его состояние. В раскрытом РШМ звенья образуют выпуклый многоугольник (близкий к равностороннему), стороны которого попарно связаны друг с другом шарнирами. Приводное звено 4 соединено со штоком пневмоцилиндра 14, изменяющего состояние захвата: раскрыт, закрыт. Боковые рычаги 3 и 5 посредством расположенных в их средней части дополнительных шарниров установлены на кронштейнах корпуса 13, относительно осей которых они поворачиваются при линейном перемещении звена 4. В направлении осей шарниров, соединяющих звенья, установлены цилиндрические пальцы 7–12, которые удерживают мешок. Оператор надевает вручную на сложенный захват мешок, который растягивается под действием пружин 6 сжатия пальцами, перемещающимися вдоль звеньев, в которых установлен шарнир (рис. 2). Размещение шарниров в пазах звеньев с поджатыми пружинами исключает заклинивание при раскрытии захвата.



**Рис. 1. Рычажно-шарнирное захватное устройство в двух положениях:**

*a* – в закрытом, с надетым на пальцы мешком (показан пунктиром); *б* – в раскрытом

Согласно схеме расчета (рис. 3) определим длины *a* рычагов механизма и расстояния *H*, на которое необходимо переместить приводное звено для полного раскрытия мешка. Найти их можно исходя из конкретного наибольшего значения длины *L* окружности горловины мешка (с учетом допуска на этот размер), диаметра *d* осевых пальцев и ширины *h* рычагов.

Длину *L* окружности горловины мешка, растянутого на пальцах РШМ, для любого из положений вычисляют по выражению:

$$L = 3a + 2(a - \Delta) + a - 2\Delta + \pi d, \quad (1)$$

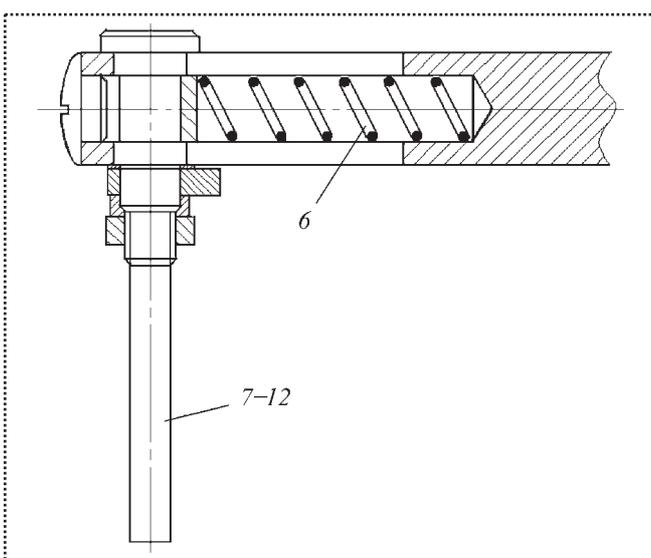
где *a* – расстояние между осями пальцев звена без надетого мешка;

$\Delta$  – величина сжатия пружины в пазу звена при надевании мешка на пальцы РШМ;

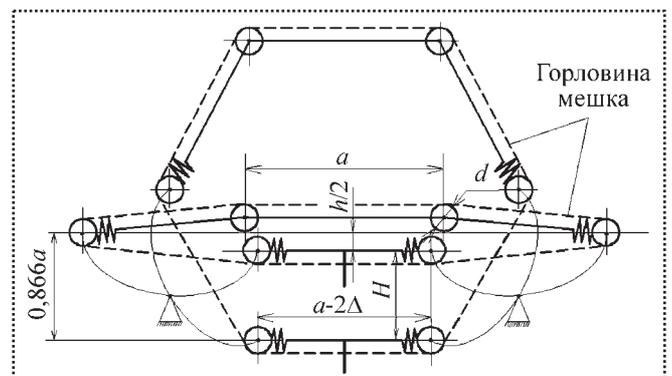
*d* – диаметр пальцев, удерживающих мешок (задается конструктивно).

Тогда

$$a = \frac{1}{6}(L + 4\Delta - \pi d). \quad (2)$$



**Рис. 2. Устройство подпружиненного шарнира (номера позиций соответствуют рис. 1)**



**Рис. 3. РШМ в закрытом и открытом положениях**



Величину  $\Delta$  и параметры пружин  $b$  задают исходя из силы сжатия, достаточной для удержания пустого мешка на пальцах РШМ.

Пружины  $b$  шарниров рычага  $4$  (см. рис. 1) предотвращают заклинивание при перемещении механизма из одного конечного положения в другое. При этом их сжатие компенсируют пружины рычагов  $3$  и  $5$ , обеспечивающих натяжение горловины мешка и, соответственно, не допускающих его соскальзывания в натянутом положении. Для этого величина сжатия  $\Delta$  пружин шарниров рычага  $4$  должна превышать сжатие пружин шарниров рычагов  $3$  и  $5$  на величину, большую допуска на размер  $L/2$  ширины мешка.

Ход  $H$  поршня пневмоцилиндра определяют из условия, что в раскрытом положении (поршень втянут) многоугольник РШМ наиболее близок к равностороннему. Тогда, согласно схеме на рис. 3,

$$H = \frac{a\sqrt{3}}{2} - \frac{h}{2},$$

где параметр  $h$  задается конструктивно исходя из диаметров шарниров и пружин сжатия.

Для определения положения осей дополнительных шарниров, относительно которых при раскрытии РШМ поворачиваются криволинейные рычаги  $3$  и  $5$ , рассмотрим схему (рис. 4), где показано положение шарниров  $7$  и  $12$  рычага  $3$  в точках  $A$  и  $B$  (РШМ сложен) и  $A_1$  и  $B_1$  (РШМ раскрыт). Ось дополнительного

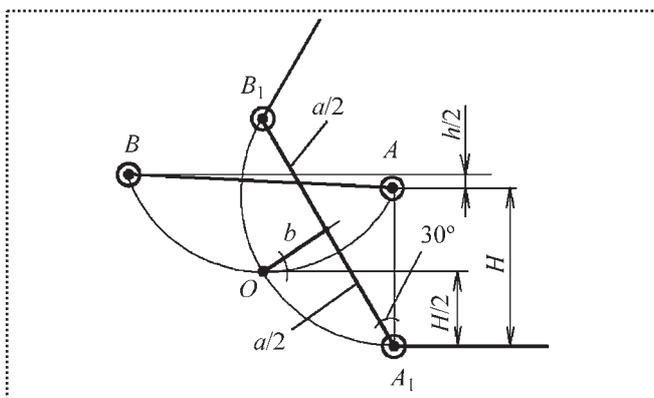


Рис. 4. Определение величины хода  $H$  поршня пневмоцилиндра

шарнира рычага  $3$  должна находиться на пересечении линии половины хода  $H/2$  штока поршня и ортогонали, проходящей через середину расстояния между шарнирами  $A_1$  и  $B_1$  при раскрытом РШМ.

Из геометрических соображений расстояние  $b$  от оси  $O$  шарнира, на котором рычаг  $3$  установлен на корпусе  $13$ , до линии, соединяющей оси шарниров рычага, вычисляем по формуле:

$$b = \sqrt{\left(\frac{a(2-\sqrt{3})-h}{2}\right)^2 - \left(\frac{a(2-\sqrt{3})-h}{4}\right)^2}, \quad (3)$$

после преобразования которой получим

$$b = 0,12a - 0,43h.$$

То же относится и к рычагу  $5$ , расположенному с правой стороны РШМ.

Рассмотренную конструкцию можно применять на линиях расфасовки как захватное устройство манипулятора, подающего мешок под засыпку, а затем растягивающего его перед прошивкой. В этом случае появляется возможность вывести человека из вредной для здоровья рабочей зоны, т.е. надевать мешок на пальцы захватного устройства в удаленном от загрузочного патрубка месте, а также не применять ручной труд на последующих операциях прошивки и транспортирования.

Для комплексной автоматизации захвата и подачи мешка на рабочую позицию фасовочного автомата РШМ должен самостоятельно захватить мешок, предварительно поданный на позицию захвата в положении, при котором горловина открыта для свободного ввода внутрь мешка пальцев РШМ.

Затем боковые пальцы устройства следует автоматически развести, с тем чтобы создать натяжение горловины мешка. С этой целью звенья между шарнирами  $9$ ,  $10$  и  $11$ ,  $12$  выполняют раздвижными в виде пневмоцилиндров  $15$  (рис. 5). При подаче сжатого воздуха в их штоковые полости боковые пальцы  $9$  и  $12$  будут находиться в сведенном состоянии для

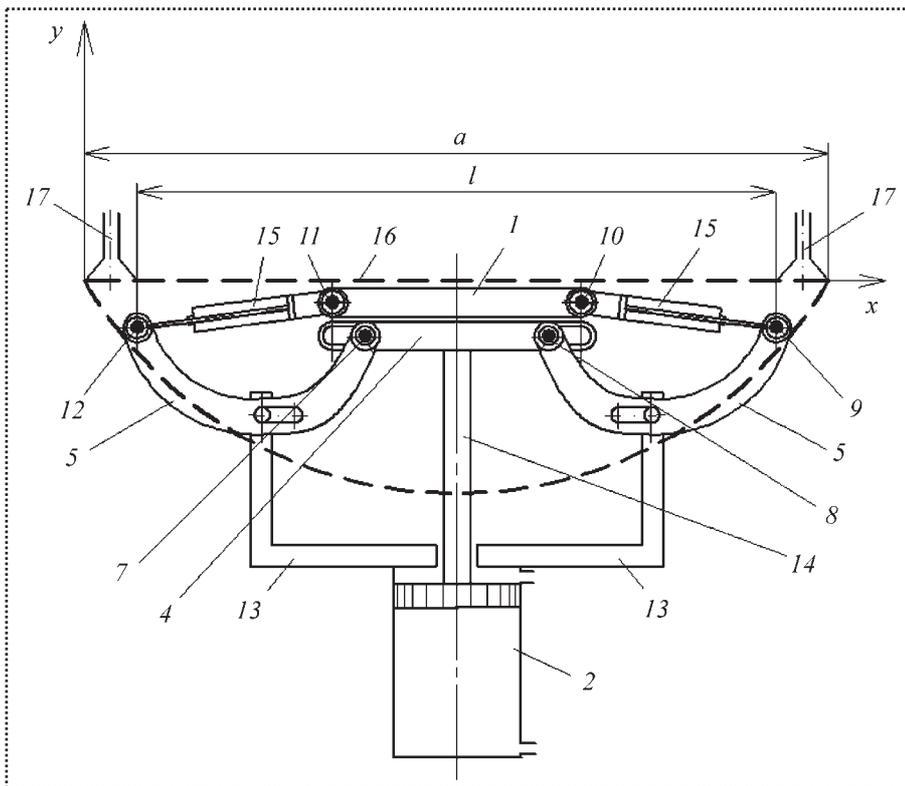


Рис. 5. Рычажно-шарнирное устройство захвата и подачи мешка: поз. 1–14 соответствуют рис. 1

свободного их введения в приоткрытую полость горловины мешка 16. При поступлении сжатого воздуха в поршневые полости пневмоцилиндры 15 разводят боковые пальцы 9 и 12, которые натягивают и удерживают мешок.

В таком захватном устройстве подача мешка из магазина может быть осуществлена с помощью вакуумных захватов 17. При этом расстояние  $a$  между внешними краями присосок должно быть меньше ширины горловины мешка. Тогда мешок, отделенный от стопы, провиснет с непрошитой стороны, открывая внутреннюю полость для ввода в нее пальцев РШМ. В этом случае контур внутренней полости приоткрытой горловины мешка можно изменять, задавая расстояние  $a$  между краями присосок и их диаметр и изменяя количество присосок.

Максимально допустимое расстояние  $l$  между крайними пальцами 9 и 12 в сложенном состоянии захватного устройства определяют исходя из уравнения кривой провисания нижней

части горловины мешка, которое получено из решения задачи провисания нити, свободно подвешенной на двух опорах [2]. Такая задача, в которой определяют экстремум функционала потенциальной энергии нити, является изопараметрической. Искомую функцию обозначим  $y(x)$ , где  $x$  – расстояние точки провисания нити от края воздушной присоски, размещенной в начале оси координат (см. рис. 5). Потенциальную энергию нити, находящейся в поле сил тяжести, описывают выражением

$$\Pi = \int_0^a \rho y \sqrt{1 + (dx/dy)^2} dx \quad (4)$$

при длине провисшей части горловины мешка, равной  $L - a$ :

$$L - a = \int_0^a \sqrt{1 + (dx/dy)^2} dx, \quad (5)$$

где  $\rho$  – удельный вес единицы длины ткани мешка;

$L$  – длина окружности непрошитой части мешка;

$a$  – расстояние между крайними точками присосок, удерживающих мешок (рис. 5).

Экстремум функционала (4) с учетом (5) достигается при условии

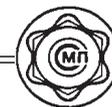
$$Fy - \frac{d}{dx} Fy' = 0, \quad (6)$$

$$\text{где } F = \rho y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} + \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2};$$

$\lambda$  – неопределенный множитель.

Решение уравнения Эйлера имеет вид:

$$y = C_1 \operatorname{ch} \left( \frac{x - C_2}{C_1} \right) - \lambda, \quad (7)$$



где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования, значения которых устанавливают из граничных условий.

Согласно случаю подвешивания мешка, показанному на рис. 5, система уравнений для определения  $C_1$ ,  $C_2$  и  $\lambda$  имеет вид:

$$C_1 \operatorname{ch}\left(\frac{-C_2}{C_1}\right) - \lambda = 0$$

при  $x=0 \rightarrow y=0$  – левый подвес;

$$C_1 \operatorname{ch}\left(\frac{a-C_2}{C_1}\right) - \lambda = 0 \quad (8)$$

при  $x=a \rightarrow y=0$  – правый подвес;

$$C_1 \left[ \operatorname{sh}\left(\frac{a-C_2}{C_1}\right) - \operatorname{sh}\left(\frac{-C_2}{C_1}\right) \right] = L - a.$$

Например, при  $L = 1,12$  м,  $a = 0,53$  м получаем  $\lambda = 0,44$ ,  $C_1 = 0,327$ ,  $C_2 = 0,265$ . Тогда уравнение кривой провисания нижней части горловины мешка, подвешенного на присосках, имеет вид:

$$y(x) = 0,327 \operatorname{ch}\left(\frac{x-0,265}{0,327}\right) - 0,44. \quad (9)$$

С помощью этого уравнения можно определить расстояние  $l$  между крайними пальцами 9 и 12 РШМ (см. рис. 5), обеспечивающее свободное проникновение пальцев внутрь приоткрытого мешка. Так, для диаметра  $d$  пальцев и линейного размера ширины  $B$  рычагов ось пальца 12 должна отстоять от начала координат на такую величину  $x$ , чтобы выполнялось условие

$$y(x) > B + d/2,$$

при этом

$$l = a - 2x. \quad (10)$$

Зная величины  $l$ ,  $d$  и  $B$ , можно найти остальные параметры звеньев, приводов и других элементов рычажно-шарнирного захватывающего устройства.

Конфигурация провисающей полости горловины мешка может быть видоизменена за счет комбинирования числа и порядка взаимодействия присосок, удерживающих мешок в поднятом положении. Так, при развороте боковых присосок на некоторый угол над провисающей частью образуется дополнительная призматическая полость.

*Для ряда конструктивных решений разработаны методики расчета геометрических параметров внутренней полости провисающей части мешка и рекомендации по выбору координат боковых пальцев захватывающего устройства, задающих расчетные параметры звеньев и привода РШМ. Это делает реальными разработку и практическое применение предложенных устройств автоматизации подачи мешков различного объема под загрузку сыпучими продуктами.*

#### Библиографический список

1. Демский А.Б., Гончаров А.И. Фасовочно-упаковочное оборудование зернообрабатывающих предприятий. – М.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И. Вариационное исчисление (задачи и упражнения). – М.: Наука, 1973. 190 с.