

УДК 67.05

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-8-279-64-67

*Г. Н. Овчинников, А. С. Панюлайтис, А. М. Макаров, И. В. Волков***РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ЗАХВАТА И УДЕРЖАНИЯ ГИБКОГО КОНТЕЙНЕРА****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: app@vstu.ru

Произведен расчет и аналитическое исследование основных силовых параметров вакуумного захватного устройства для осуществления захвата, удержания и подачи пустого биг-бэга на позицию фасовки сыпучим материалом. Представлены схемы возможного расположения вакуумных захватов относительно биг-бэга в процессе его удержания.

Ключевые слова: вакуумный захват, биг-бэг, фасовка, сыпучий материал, подача.

*G. N. Ovchinnikov, A. S. Panyulaitis, A. M. Makarov, I. V. Volkov***CALCULATION AND INVESTIGATION OF A VACUUM GRIPPER DEVICE
FOR GRIPPING AND HOLDING A FLEXIBLE CONTAINER****Volgograd State Technical University**

The calculation and analytical study of the main power parameters of the vacuum gripper device for capturing, holding and feeding an empty big bag to the position of filling with bulk material has been carried out. Schemes of possible arrangement of vacuum suckers relative to the big bag during its capture are presented.

Keywords: vacuum gripping, big bag, packing, bulk material, feeding.

Гибкие контейнеры (биг-бэги) из различных материалов – сложная с точки зрения автоматического манипулирования, мягкая тара непостоянной формы.

Важной составляющей процесса фасовки сыпучих материалов является логистика, а именно транспортировка биг-бегов, их захват и подача на позицию фасовки [1].

При автоматизации процесса захвата и манипулирования гибкими контейнерами (биг-бэг) перед процессом фасовки целесообразно использовать вакуумные захватные устройства (ВЗУ), которые имеют следующие преимущества:

– вакуумные захваты не зависят от размеров и формы контура изделий;

– вакуумные захваты просты по конструкции и недороги в производстве и эксплуатации;

– при помощи вакуумных захватных устройств достаточно легко отделить плоское тонкое изделие от других изделий, находящихся в горизонтальной или вертикальной стопках, что проблематично сделать при помощи других видов захватов;

– при использовании вакуумных захватов отсутствует деформация изделия, при условии, что оно тонкое и не жесткое, или ослаблено отверстиями и открытыми пазами.

При помощи вакуумных захватов можно отделить биг-бэг сверху стопы, так как сила удержания, достаточная для захвата и отрыва биг-бэга, действует только на верхний контейнер [2].

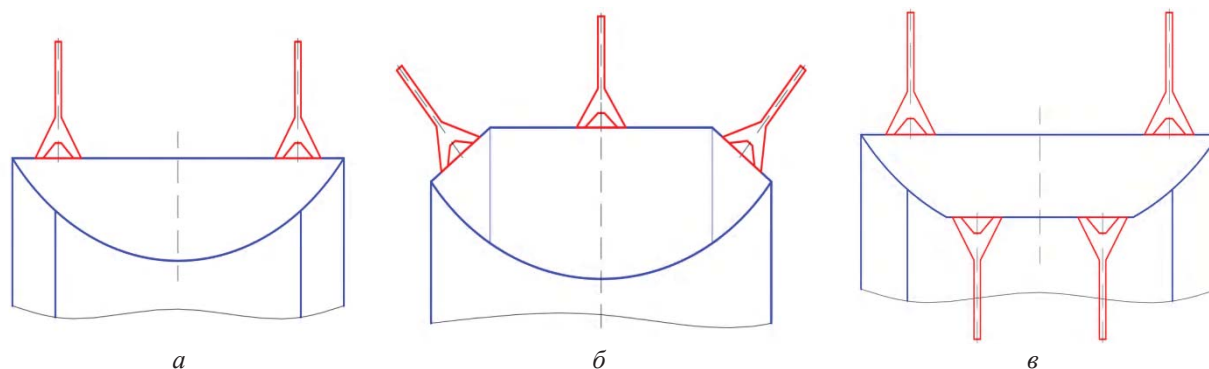


Рис. 1. Схемы расположения вакуумных присосок:

a – две вакуумных присоски (по краям одной стенки); *б* – три вакуумных присоски (по одной присоске в центре стенки); *в* – четыре вакуумных присоски (две присоски по краям двух стенок)

С целью определения возможности применения вакуумных захватов для использования в будущей автоматизированной системе захвата и манипулирования гибким контейнером при наполнении были проведены расчеты и аналитические исследования основных силовых характеристик вакуумных захватных устройств.

В ходе работы нами были предложены и исследованы несколько вариантов схем расположения вакуумных захватов относительно боковых стенок биг-бэга при осуществлении процесса захвата и удержания гибкого контейнера, отличающиеся количеством захватов и их взаимным расположением. Данные схемы расположения представлены на рис. 1.

Расчеты основных силовых параметров вакуумного захвата производились для различных значений наружного диаметра присоски в диапазоне от 30 до 60 мм с интервалом в 5 мм.

Схема вакуумной присоски с указанием направлений действующих сил, представлена на рис. 2.

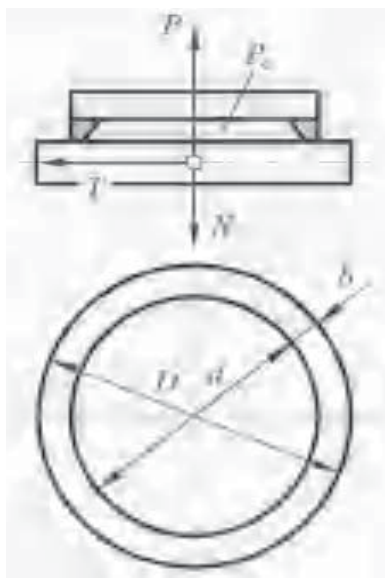


Рис. 2. Схема направления действующих сил вакуумной присоски

Площадь контакта уплотнителя с гибким контейнером и площадь бесконтактной поверхности были рассчитаны по формулам (1) и (2) соответственно [3]:

$$S_Y = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad (1)$$

$$S = \pi d^2/4 \quad (2)$$

где D – наружный диаметр вакуумной присоски, d – внутренний диаметр вакуумной присоски.

Сила прижатия к ВЗУ и предельная сила отрыва определяются по формулам (3) и (4) соответственно:

$$P = S \cdot P_0 \quad (3)$$

$$N = \xi \cdot P = P - q_{\min} \cdot S_Y \quad (4)$$

где P_0 – разрежение воздуха, ξ – коэффициент снижения грузоподъемности ВЗУ, $q_{\min}$ – давление на герметизирующей контактной площади уплотнения ВЗУ.

Разряжение вакуумных присосок и их площадь определяются по уравнениям (5) и (6) [4]:

$$P_a - P_b = \frac{N + T}{S_0 \cdot n} \cdot \frac{K}{K_p} \quad (5)$$

$$S_0 = \frac{N + T}{(P_a - P_b) \cdot n} \cdot \frac{K}{K_p} = \frac{P}{K_p \cdot (P_a - P_b) \cdot n} \quad (6)$$

где P_a , P_b – атмосферное и остаточное давление внутри камеры ВЗУ соответственно, P_a ; n – количество присосок; S_0 – площадь присоски, m^2 , f – коэффициент трения; K – коэффициент запаса, T – касательная сила отрыва.

Для нахождения касательной силы отрыва выразим ее из формулы 7:

$$P = N + \frac{T}{f} \cdot K \quad (7)$$

Допустимую массу перемещаемого гибкого контейнера рассчитываем по формуле (8) [4]:

$$m \leq \frac{n \pi \cdot d^2 \cdot (P_a - P_b)}{4 K_H \left[1 + \frac{a_n}{g} + \frac{1}{f g} \sqrt{(r \omega)^2 + (a_{\text{выд}} + r \varepsilon^2)^2} \right]} \quad (8)$$

где d – диаметр входного отверстия присоски у среза; K_H – коэффициент надежности удержания ($K_H = 1,5 - 2$); a_n – ускорение подъема гибкого контейнера, m/c^2 ; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; r – расстояние от оси вращения захвата до центра ВЗУ, мм; ω – угловая скорость захвата, рад/с; $a_{\text{выд}}$ – ускорение при выдвижении/втягивании ВЗУ, m/c^2 ; ε – скорость при выдвижении/втягивании ВЗУ, м/с.

Результаты проведенных расчетов для вакуумных захватов с диаметром в диапазоне от 30 до 60 мм представлены в таблице.

По полученным расчетным данным были построены несколько графиков зависимостей.

Результаты расчета ВЗУ с диаметром от 30 до 60 мм

Диаметр присосок D , мм	Сила прижатия к ВЗУ P , Н	Предельная сила отрыва N , Н	Коэффициент снижения грузоподъемности ξ	Касательная сила отрыва T , Н	Площадь присосок, S_0 , мм ²	Допустимая масса перемещаемого ГК m , кг
30	6,28	-17,27	-2,75	5,89	73,02	11,49
35	9,81	-18,45	-1,88	7,07	114,10	17,96
40	14,13	-18,84	-1,33	8,24	164,30	25,86
45	19,23	-18,45	-0,96	9,42	223,63	35,20
50	25,12	-17,27	-0,69	10,60	292,09	45,97
55	31,79	-15,31	-0,48	11,78	369,68	58,19
60	39,25	-12,56	-0,32	12,95	456,40	71,84

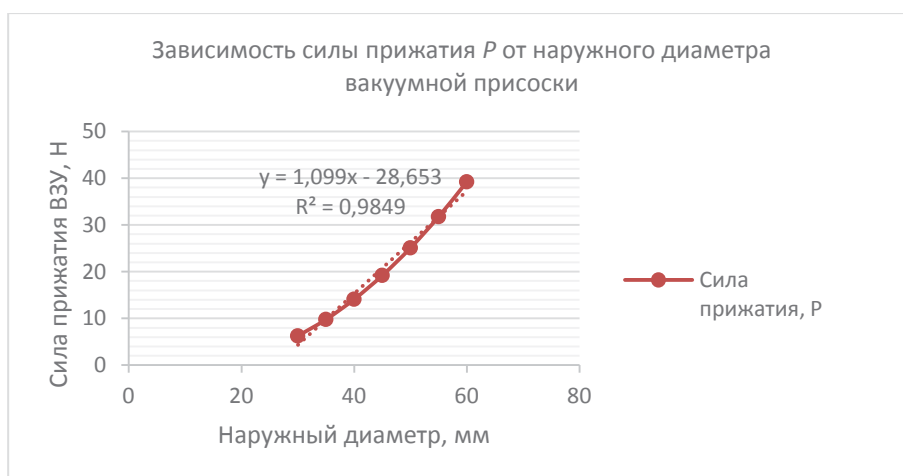


Рис. 3. График зависимости силы прижатия ВЗУ от наружного диаметра присоски

На рис. 3 изображен график зависимости силы прижатия P от наружного диаметра вакуумной присоски.

По полученной зависимости можно сделать вывод, что при увеличении наружного диаметра вакуумных присосок, сила прижатия, необ-

ходимая для удержания контейнера, будет увеличиваться.

На рис. 4 представлен график зависимости допустимой массы перемещаемого контейнера от остаточного давления внутри камеры вакуумного захвата.

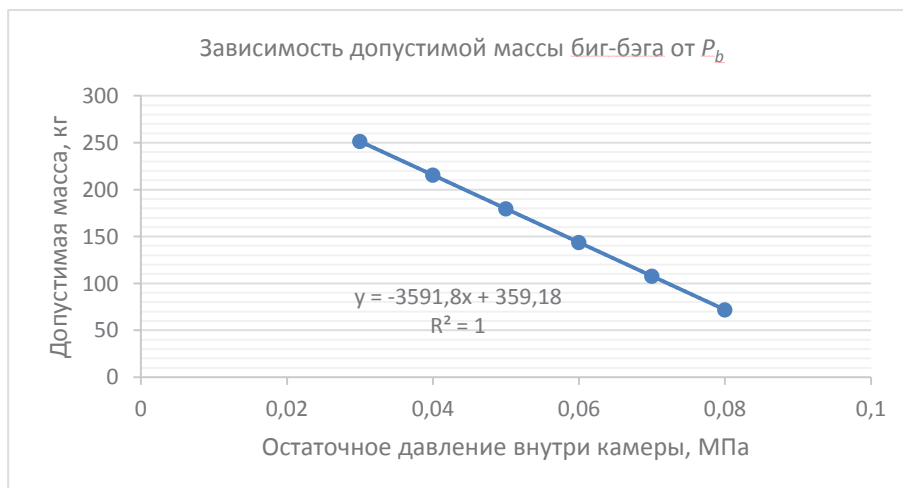


Рис. 4. График зависимости допустимой массы от остаточного давления в камере

Таким образом при увеличении остаточного давления внутри камеры, создающего разрежение в вакуумной присоске, максимальная допустимая масса перемещаемого гибкого контейнера на позицию фасовки уменьшается. Для применения вакуумных захватных устройств в системах захвата и манипулирования гибким контейнером в зависимости от заданных нами параметров перемещаемого объекта необходимо учитывать конструктивную особенность вакуумных захватов, а именно их диаметр, а также режим работы насосной системы, которая будет создавать давление разрежения для захвата и удержания гибкого контейнера.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и эксплуатации специализированных вакуумных захватных

устройств для манипулирования воздухопроницаемыми гибкими контейнерами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров, А. М. Структурно-параметрический анализ и синтез мехатронных систем автоматической расфасовки сыпучих материалов в мягкую тару : монография / А. М. Макаров, Ю. П. Сердобинцев, О. В. Мушкин; [ВолгГТУ]. – Волгоград; Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 304 с.
2. Украженко, К. А. Захватные устройства промышленных роботов : учеб. пособие / К. А. Украженко, Ю. В. Янчевский, А. А. Кулебякин, А. Ю. Торопов. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2007. – 83 с.
3. Запорожец, Н. П. Расчет параметров пневматического эжекторного вакуумного схвата / Н. П. Запорожец. – М. : Вестник машин, 1983. – 10 с.
4. Отений, Я. Н. Выбор и расчет захватных устройств промышленных роботов : учеб. пособ. / Я. Н. Отений, А. В. Белов, П. В. Олыштынский ; ВолгГТУ. – Волгоград : Политехник, 2000. – 63 с.