

Примеры расчета вакуумной техники

Процесс проектирования

В этом разделе поэтапно описана методика проектирования вакуумной системы. Ниже приведен типовой расчет основных элементов вакуумной техники.

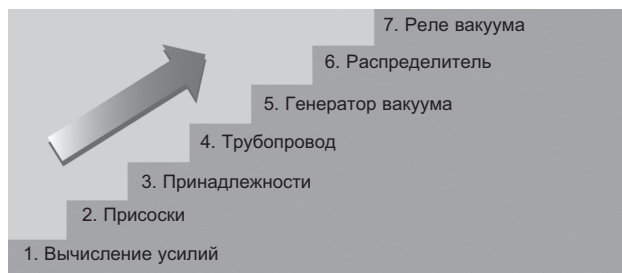


Схема проектирования

Вычисления в примере основываются на следующих данных:

Заготовка		Система управления	
Материал:	стальные листы, сложенные на палете	Используемая система:	портальный транспортёр
Поверхность:	гладкая, плоская, сухая	Имеющийся источник сжатого воздуха:	8 Бар
Параметры:		Напряжение управляющих сигналов:	24 В пост. тока
длина:	макс. 2500 мм	Захват/перемещение:	горизонтальный / горизонтальное
ширина:	макс. 1250 мм	Макс. ускорение по осям:	X и Y: 5 м/с ²
толщина:	макс. 2.5 мм	Z:	5 м/с ²
масса:	приблизительно 60 кг	Время цикла:	30 с
		Требуемое время:	захвата: <1 с
			сброса: <1 с

Расчет массы заготовки

Для всех последующих вычислений важно знать массу изделия, с которой вы будете работать. Она может быть вычислена по следующей формуле:

$$\text{Масса } m \text{ [кг]: } m = L \times B \times H \times \rho$$

L = длина [м]

B = ширина [м]

H = высота [м]

ρ = плотность [кг/м³]

Пример: $m = 2,5 \times 1,25 \times 0,0025 \times 7850$
 $m = 61,33 \text{ кг}$

Расчет сил - какое усилие должна создавать присоска?

Для определения необходимой силы захвата, требуется провести вычисления массы, описанные выше. Кроме того, присоски должны удерживать объект при движении с различными ускорениями. Для упрощения вычислений три наиболее частых и важных случая изображены и описаны ниже.

Внимание:

В следующих упрощённых примерах для случаев 1, 2, 3 при вычислениях всегда должен использоваться самый неблагоприятный вариант воздействия и максимальное значение сил.

Вариант 1: Присоски размещены на горизонтально расположенной заготовке, перемещение вертикальное.

$F_{ТН}$ = теоретическая сила захвата [Н]

m = масса [кг]

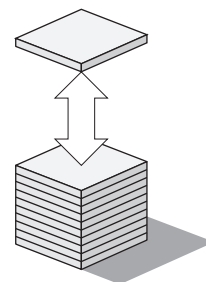
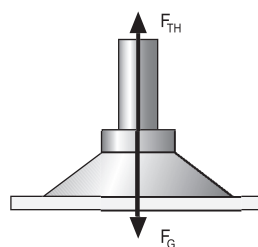
g = ускорение свободного падения [9,81 м/с²]

a = ускорение системы [м/с²] (Не забудьте случай аварийного отключения!)

S = коэффициент запаса (минимальное значение 1.5, для легко разрушающихся неоднородных, пористых материалов или неровных поверхностей 2.0 или выше).

Пример: $F_{ТН} = 61,33 \times (9,81 + 5) \times 1,5$
 $F_{ТН} = 1363 \text{ Н}$

Присоски размещаются на изделиях горизонтально, изделия перемещаются в вертикальной плоскости.



Вариант 2: Горизонтально расположенная присоска, горизонтальное перемещение.

$F_{ТН} = m \times (g + a/\mu) \times S$

$F_{ТН}$ = теоретическая сила захвата [Н]

F_a = сила разгона = $m \cdot a$

m = масса [кг]

g = ускорение свободного падения [9,81 м/с²]

a = ускорение системы объект перемещения - присоска [м/с²] (необходимо помнить об аварийном случае)

μ = коэфф. трения

= 0,1 для жирных поверхностей

= 0,2 ... 0,3 для влажных поверхностей

= 0,5 для дерева, металла, стекла, камней, ...

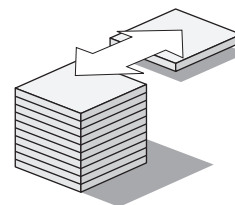
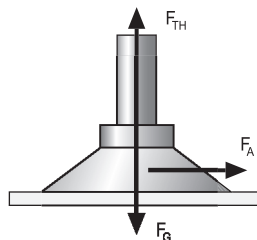
= 0,6 для грубых поверхностей

S = коэффициент запаса (минимальное значение 1.5, для легко разрушающихся неоднородных или пористых материалов или неровных поверхностей 2.0 или выше).

Пример: $F_{ТН} = 61,33 \times (9,81 + 5/0,5) \times 1,5$
 $F_{ТН} = 1822 \text{ Н}$

Внимание! Коэффициенты трения, показанные выше, являются усреднёнными величинами. Реальные значения для захватываемых изделий должны быть получены экспериментальным путём.

Присоски размещаются на изделиях горизонтально, изделия перемещаются в горизонтальной плоскости.



Вариант 3: Вертикально расположенная присоска, вертикальное перемещение.

$F_{ТН} = (m/\mu) \times (g + a) \times S$

$F_{ТН}$ = теоретическая сила захвата [Н]

m = масса [кг]

g = ускорение свободного падения [9,81 м/с²]

a = ускорение системы [м/с²] (необходимо помнить об аварийном случае)

μ = коэфф. трения

= 0,1 для жирных поверхностей

= 0,2 ... 0,3 для влажных поверхностей

= 0,5 для дерева, металла, стекла, камней, ...

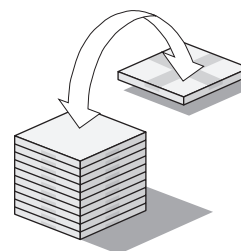
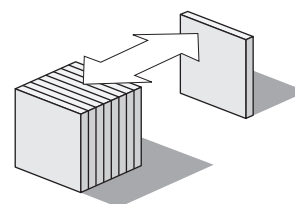
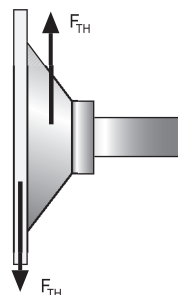
= 0,6 для грубых поверхностей

S = коэффициент запаса (минимальное значение 2, для легко разрушающихся неоднородных или пористых материалов или грубых поверхностей).

Пример: $F_{ТН} = (61,33/0,5) \times (9,81 + 5) \times 2$
 $F_{ТН} = 3633 \text{ Н}$

В условиях задачи указано, что изделия перемещаются в горизонтальном положении, поэтому результаты расчётов варианта 3 далее не учитываются.

Присоски размещаются на изделиях вертикально, изделия перемещаются в вертикальной плоскости или меняется их ориентация.



Обработка результатов расчёта сил.

Сравнивая результаты, полученные при первом и втором вариантах (третий вариант не учитываем согласно условию задачи), для дальнейшего расчётов выбираем максимальную силу $F_{ТН}=1822 \text{ Н}$ из второго варианта.

Как выбрать присоску



Присоски обычно выбираются по следующим критериям:

Условия работы:

- количество направлений перемещения;
- предполагаемый срок службы;
- рабочая среда;
- температура и др.

Материал:

Критерии выбора материалов присосок приведены на стр. i/14.0.01

Поверхность:

В зависимости от характера поверхности выбирается вариант исполнения присоски. Номенклатура включает плоские и сильфонные (гофрированные) присоски.

Пример:

В рассматриваемом примере для захвата стальных листов будем использовать плоские присоски Мод. VTCF из материала NBR.

Это лучшее и наиболее эффективное решение для захвата гладких плоских поверхностей.

Сила захвата F_s [Н]

$$F_s = F_{тн} / n$$

F_s = сила захвата

$F_{тн}$ = теоретическая сила

n = количество присосок

Пример:

Для стальных листов средних размеров (2500 x 1250 мм) будем использовать от 6 до 8 присосок. Наиболее важным критерием выбора числа присосок в этом примере является гибкость стального листа во время транспортировки.

Вычисление силы захвата F_s [Н]

$$F_s = 1822/6$$

$$F_s = 304 \text{ Н}$$

В соответствии с техническими данными на стр. i 12 для Мод. VTCF, выбираем 6 присосок Мод. VTCF-0950N, необходимая сила захвата для каждой присоски составляет 340 Н.

В данном примере решаем использовать 6 присосок Мод. VTCF-950N, так как данного количества присосок достаточно, а стоимость системы при этом ниже.

Вычисление силы захвата F_s [Н]

$$F_s = 1822/8$$

$$F_s = 228 \text{ Н}$$

В соответствии с техническими данными на стр. i 12 для Мод. VTCF, выбираем 8 присосок Мод. VTCF-800N, необходимая сила захвата для каждой присоски составляет 260 Н.

Внимание:

- Нагрузка, которую удерживает каждая присоска, указана в таблице технических данных для каждого типа присосок на стр. i/14.0.01.
- Максимально допустимая нагрузка присоски должна быть не больше расчетного значения.

Выбор принадлежностей



Обычно, способ крепления присосок определяется требованиями заказчика. Однако, существует множество причин, по которым требуется использование дополнительных крепёжных аксессуаров:

Неровные или наклонные поверхности.

Присоска должна "приспосабливаться" к форме поверхности.

- Гибкий Ниппель Мод. NPF.

Различная длина или толщина изделия.

Присоски должны быть подпружиненными для того, чтобы компенсировать различия в высоте.

- Пружинный фиксатор.

Пример:

В рассматриваемом примере стальные листы сложены на палете.

Если листы больше палеты, они могут свисать по краям.

Это означает, что присоски должны компенсировать значительную разницу в высоте и углов наклона отдельных частей листа.

Решаем использовать следующие крепёжные элементы:

Пружинный плунжер Мод. NPM-FM-1/4-75.

Необходимо, чтобы максимальный ход плунжера компенсировал максимальные отклонения краёв листа.

Для компенсации угловых отклонений краёв листа используем гибкий ниппель модели NPF, который подключается к плунжеру по резьбе 1/4.

Обратные клапаны Мод. VNV.

Они используются на вакуумных коллекторах, содержащих множество присосок для блокирования тех присосок, которые не покрывают изделие (при захвате изделий различных длин).

Примечание:

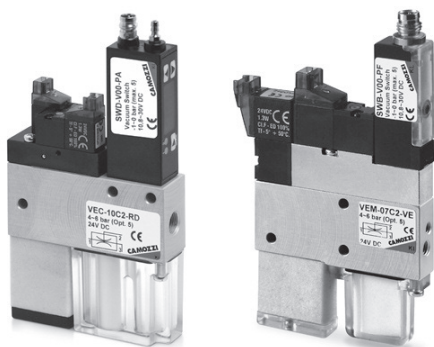
При выборе встраиваемых элементов необходимо удостовериться в том, что их можно вкручивать в присоски, т.е. что они имеют резьбы одинакового размера. Также необходимо обратить внимание на грузоподъёмность встраиваемых элементов.

Выбор вакуумных трубок



Определяется в соответствии с техническими характеристиками трубопровода.

Выбор вакуумных генераторов



Основываясь на своём опыте и на значениях, полученных при разработке различных систем, мы рекомендуем выбирать вакуумные генераторы в зависимости от диаметра присоски в соответствии со следующей таблицей.

Вычисление требуемой производительности V [м³/ч, л/мин]

$$V = n \times V_s$$

n = количество присосок

V_s = требуемый расход всасывания для одной присоски [м³/ч, л/мин]

Пример: V = 6 x 16,6
V = 99,6 л/мин

Зависимость требуемой производительности вакуумного генератора от диаметра присоски

Диаметр присоски	Производительность	Vs
до 20 мм	0,17 м³/ч	2,83 л/мин
до 40 мм	0,35 м³/ч	5,83 л/мин
до 60 мм	0,5 м³/ч	8,3 л/мин
до 90 мм	0,75 м³/ч	12,7 л/мин
до 120 мм	1 м³/ч	16,6 л/мин

Примечание:

Полученные значения подходят ко всем типам вакуумных генераторов. Рекомендуемые значения производительности приведены для одной присоски при работе с гладкими герметизируемыми поверхностями. Для пористых поверхностей мы рекомендуем выполнить испытания перед выбором вакуумного генератора.

Выбираем вакуумный эжектор Мод. VEC-20 с расходом всасывания 116 л/мин.

Выбор реле вакуума



Вакуумные реле и датчики давления обычно выбираются на основе требуемой функциональности и частоте переключений.

Возможности электронных реле вакуума:

- настройка давления переключения;
- фиксированный или настраиваемый гистерезис;
- дискретный и / или аналоговый выходные сигналы;
- светодиодная индикация;
- семисегментный индикатор состояния с клавиатурой;
- подключение: внутренняя резьба M5, наружная резьба G1/8, фланцевое подключение или подключение трубки.

Пример:

- Вакуумное реле Мод. SWD-V00-PA с цифровым дисплеем, настраиваемый гистерезис (встроен в компактный эжектор).
- Манометр.

Выбор вакуумных реле и манометров

Если вы не уверены в правильности результатов расчёта элементов системы, для подтверждения вам следует провести испытания с реальным изделием.

Тем не менее, теоретический расчёт даёт ориентировочные значения параметров для предполагаемых устройств.