

Вакуумное оборудование

Основные положения

При проектировании и разработке вакуумных систем необходимо учитывать следующие основные положения.

1. При выборе между одной присоской с большим диаметром и эквивалентными ей по усилию присасывания несколькими присосками с малым диаметром, предпочтение следует отдавать, как правило, малым присоскам, чтобы распространить силу присасывания на максимально широкую область.
2. Не допускать выхода краев присоски за края изделия.
3. Использовать многоступенчатые присоски, чтобы предотвратить ослабление силы присасывания во время подъема.
4. Уменьшить время, необходимое для достижения рабочего вакуума, минимизируя длину соединительных трубопроводов между эжектором и присоской.
5. Использовать для каждой присоски индивидуальный эжектор. Несколько присосок, управляемых одним эжектором, перестанут удерживать изделие, если даже одна присоска разгерметизируется.
6. Следует учитывать, что использование в системе присоска-эжектор управляющего клапана гарантирует постоянный расход воздуха через присоску, даже в случае различных утечек вакуума.
7. Устанавливать дополнительные присоски так, чтобы в случае отказа нескольких присосок изделие всегда удерживалось в нужном положении.
8. Минимизировать диаметр соединительных трубопроводов, уменьшить сопротивление потоку, утечки и время, необходимое для создания вакуума.
9. Использовать и правильно обслуживать действующие фильтры, так как эффективная фильтрация предотвращает загрязнение эжекторов твердыми частицами и маслом. Для эффективной работы эжектора он должен быть защищен фильтрами в напорной и вакуумной линиях.
10. Иногда бывает необходимо обеспечить и вакуум, и избыточное воздушное давление в присоске. Это достигается включением управляющего клапана питания между эжектором и присоской.

При использовании вакуумных устройств для захвата изделия необходимо, чтобы продолжительность создания (сброса) разрежения и уровня самого разрежения в течение всей технологической операции находились в соответствии с характеристиками вакуумпроводов и типом изделия.

То есть эффективное использование вакуумной системы может быть достигнуто путем выбора подходящего вакуумного оборудования.

Как выбрать вакуумное оборудование?

Процедура выбора состоит из двух основных этапов:

1. ВЫБОР ПРИСОСКИ

- 1.1. Определение теоретической подъемной силы
- 1.2. Расчет диаметра присоски

2. ВЫБОР ВАКУУМНОЙ АППАРАТУРЫ

- 2.1. Расчет продолжительности откачки
- 2.2. Определение величины утечек
- 2.3. Выбор эжектора и вакуумраспределителя

1. Выбор присоски

При использовании круглой присоски ее диаметр определяется из расчета величины подъемной силы. Расчетное значение должно быть использовано как рекомендуемое и подтверждено, в случае необходимости, экспериментально. При расчете подъемного усилия необходимо учитывать вес изделия, силы, действующие на него в процессе движения (в момент подъема, остановки, переноса и др.) и ограничения, обусловленные техникой безопасности. Дополнительные ограничения, определяемые в каждом конкретном случае отдельно, могут привести к необходимости использования дополнительных присосок и указания их места расположения на изделии.

1.1. Определение теоретической подъемной силы

Подъемная сила присоски может быть найдена путем расчета усилия подъема плоской поверхности:

$$F = 0.1 \frac{pS}{t} \text{ (Н)}, \text{ где:}$$

p - уровень разрежения (кПа)

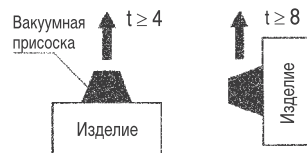
S - эффективная площадь присоски (см²)

t - коэффициент безопасности:

при работе (на отрыв) горизонтально расположенной присоски $t \geq 4$

при работе (на сдвиг) вертикально расположенной присоски $t \geq 8$

Теоретическая подъемная сила (без учета коэффициента безопасности) может быть найдена при заданных значениях диаметра присоски и уровня вакуума. Требуемая подъемная сила может быть затем определена путем деления теоретической силы на коэффициент безопасности.



Теоретическая подъемная сила (Н)

Диаметр присоски (мм)		2	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50
Площадь присоски (см ²)		0.031	0.126	0.283	0.503	0.785	1.33	2.01	3.14	4.91	8.04	12.6	19.6
Уровень разрежения (кПа)	-85	0.264	1.07	2.41	4.28	6.67	11.3	17.1	26.7	41.7	68.3	107	167
	-80	0.248	1.01	2.26	4.02	6.28	10.6	16.1	25.1	39.3	64.3	101	157
	-75	0.233	0.945	2.12	3.77	5.89	9.98	15.1	23.6	36.8	60.3	94.5	147
	-70	0.217	0.882	1.98	3.52	5.50	9.31	14.1	22.0	34.4	56.3	88.2	137
	-65	0.202	0.819	1.84	3.27	5.10	8.65	13.1	20.4	31.9	52.3	81.9	127
	-60	0.186	0.756	1.70	3.02	4.71	7.98	12.1	18.8	29.5	48.2	75.6	118
	-55	0.171	0.693	1.56	2.77	4.32	7.32	11.1	17.3	27.0	44.2	69.3	108
	-50	0.155	0.630	1.42	2.52	3.93	6.65	10.1	15.7	24.6	40.2	63.0	98.0
	-45	0.140	0.567	1.27	2.26	3.53	5.99	9.05	14.1	22.1	36.2	56.7	88.2
-40	0.124	0.504	1.13	2.01	3.14	5.32	8.04	12.6	19.6	32.2	50.4	78.4	

1.2. Определение диаметра присоски

Для определения размеров присоски при заданном значении подъемной силы используется приведенная ниже формула и, например, для круглой присоски ее диаметр определяется следующим образом:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 10 Ft}{\pi p n}} \text{ (см), где:}$$

p - уровень разрежения (кПа)

F - подъемная сила (Н)

n - количество присосок, используемых для поднятия изделия

t - коэффициент безопасности:
 при работе горизонтально расположенной присоски $t \geq 4$
 при работе вертикально расположенной присоски $t \geq 8$.

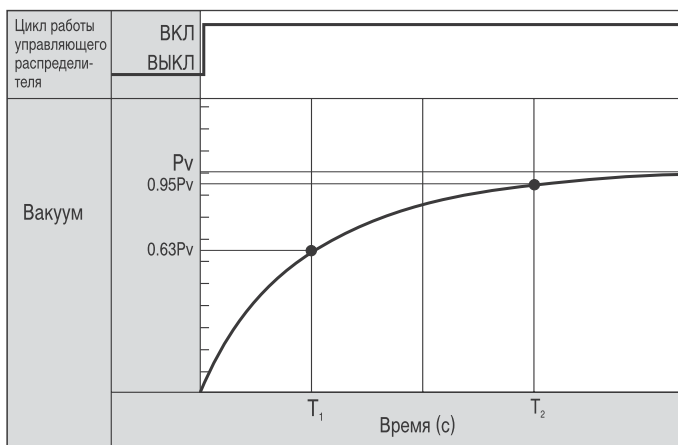
Рекомендации по выбору параметров разрежения и формы присоски

Целесообразно устанавливать начальный уровень разрежения несколько больше — этот уровень после присасывания стабилизируется. Диаметр присоски определяется в соответствии со значением начального уровня разрежения. При выборе присоски необходимо иметь в виду, что уровень вакуума в процессе присасывания и удержания изделия из-за утечек снижается.

2. Выбор эжектора и распределителя

2.1. Продолжительность откачки

Приближенное значение продолжительности откачки, то есть времени, необходимого для достижения под присоской установившегося уровня разрежения, требуемого для присасывания после включения/выключения распределителя, может быть получено расчетным путем или с помощью диаграмм. Далее рассматривается только расчетный вариант.



Переходный процесс изменения уровня вакуума под присоской при переключении вакуумраспределителя

P_v - установившийся уровень вакуума

T_1 - время, необходимое для достижения 63% уровня вакуума от установившегося значения

$T_2 = 3T_1$ - время, необходимое для достижения 95% уровня вакуума от установившегося значения

Тип присоски	Схема	Применение
Плоская 		Используется при работе с плоскими, нешероховатыми поверхностями при условии отсутствия деформации изделия
Плоская с ребрами жесткости 		Применяется при работе с поверхностями, когда возможна их деформация или смятие под действием вакуума (виниловые, бумажные, картонные листы и др.)
Глубокая 		Используется при работе с криволинейными поверхностями
Сильфонная 		Используется для захвата изделий с наклонной поверхностью и в условиях ограниченного пространства
Эллипсообразная 		Для захвата изделий с небольшой поверхностью захвата или для точно расположенных удлиненных изделий
Вращающаяся 		Для работы с изделиями, имеющих негоризонтальную поверхность присасывания
С демпфированием в конце хода 		Для изделий, имеющих неровную поверхность или если изделие нуждается в демпфировании при базировании
Большого диаметра 		Для работы с тяжелыми изделиями
Электропроводная 		Для предотвращения накопления статического электричества. Резиновый материал с пониженным электрическим сопротивлением используется как одно из средств электростатической защиты

Значение времени T_1 и T_2 может быть получено по формуле:

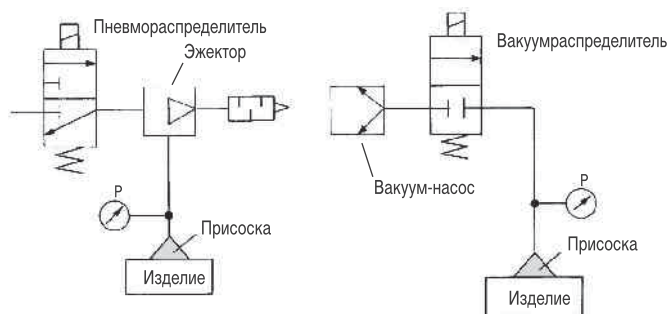
$$T_1 = \frac{60V}{Q}; \quad T_2 = 3T_1; \quad V = \frac{\pi D^2 L}{4 \times 1000}$$

где

Q - уровень среднего расхода воздуха (нл/мин)

V - емкость вакуумпровода на участке от эжектора до присоски (л)

D, L - диаметр и длина вакуумпровода



Типовые схемы вакуумной системы с питанием от эжектора (слева) и вакуумного насоса

Выбор вакуумного оборудования

2.2. Определение величины утечек

Даже если присоска размещена на поверхности изделия, воздух все равно может протекать через изделие, как это показано на рисунке ниже. В результате уровень вакуума, необходимый для присасывания, не может быть достигнут. В таких случаях необходимо выбирать подходящий эжектор и распределитель, способные обеспечить требуемые параметры разрежения, чтобы компенсировать утечку под присоску через неплотности в изделии.



Уровень утечек через эффективную рабочую поверхность определяется по формуле:

$$Q_L = 11.1 S_L \text{ (л/мин)}, \text{ где}$$

S_L - эффективная площадь между рабочей поверхностью и присоской

2.3. Выбор эжектора и распределителя

Величина среднего расхода определяется по формуле:

$$Q = \frac{60V}{T_1} + Q_L; \quad T_2 = 3T_1, \text{ где}$$

V - емкость трубопровода (л)

T_1 - время, необходимое для достижения уровня разрежения, равного 63% от установившегося значения после присасывания (с)

T_2 - время, необходимое для достижения уровня разрежения, равного 95% от установившегося значения после присасывания (с)

Q_L - величина расхода утечек (нл/мин)

Величина максимального расхода определяется по формуле:

$$Q_{\max} = (2...3) Q \text{ (нл/мин)}$$

Эжектор выбирается с расходом не менее величины Q_{\max} .

Вакуумраспределитель выбирается исходя из значения эффективной площади, которая должна быть не меньше следующего значения:

$$S = \frac{Q_{\max}}{11.1} \text{ (мм}^2\text{)}$$

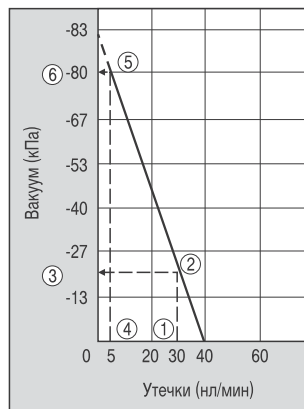
Рекомендации по выбору типа эжектора

Имеется два типа расходных характеристик эжектора - с высоким уровнем вакуума (тип S) и высоким уровнем расхода (тип L). При выборе типа эжектора необходимо уделить внимание уровню вакуума, особенно в тех случаях, когда присасываемое изделие имеет утечки. Уровень разрежения изменяется в соответствии с уровнем утечек, как показано на диаграммах.

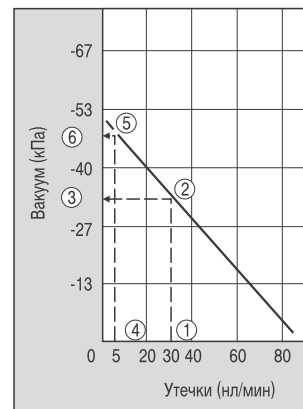
Для определения значений на диаграммах с помощью цифр и стрелок приведены последовательность и направление выполнения операций нахождения величин. На горизонтальной оси определяется заданная величина утечек, из нее перемещаются до пересечения с характеристикой и из точки пересечения перемещаются далее по перпендикуляру к вертикальной оси. Точка пересечения на вертикальной оси показывает значение вакуума при заданном уровне утечек.

Если уровень утечек составляет, например, 30 л/мин, то уровень разрежения для эжекторов типа S составляет -20 кПа, а для эжекторов типа L -33 кПа

Расходные характеристики эжекторов



ZH13 S - с высоким уровнем вакуума



ZH13 L - с высоким уровнем расхода

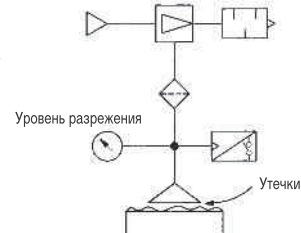
Если уровень утечек составляет 5 л/мин, то уровень разрежения для эжекторов типа S составляет -80 кПа, а для эжекторов типа L -47 кПа.

Согласно диаграммам, для получения наибольшего уровня разрежения необходимо при уровнях утечек больше 25 л/мин использовать эжекторы типа L, а при меньших значениях утечек целесообразно использовать эжекторы типа S.

Таким образом, в процессе выбора необходимо рассматривать обе расходные характеристики S-типа и L-типа для того, чтобы выбрать именно тот тип эжектора, который наиболее подходит для конкретного применения.

Рекомендации по выбору диаметра сопла эжектора

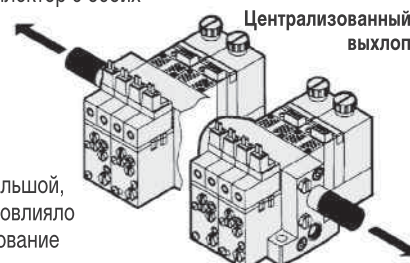
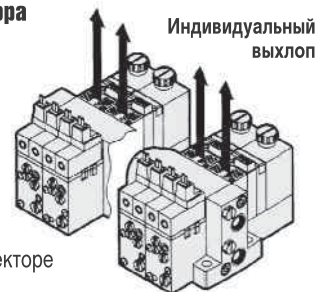
Если уровень утечек, имеющих место между присоской и рабочим изделием, является значительным по причине, например, неплотного прилегания или недостаточного времени откачки воздуха, необходимо выбирать сопло с большим диаметром в эжекторах серий ZH, ZM, ZR, ZL.



Рекомендации по выбору коллектора

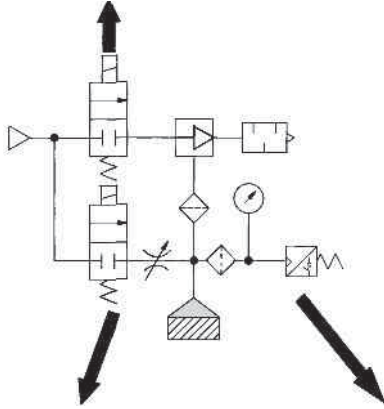
Если используется большое число эжекторов, которые соединены на коллекторе и работают одновременно, то целесообразно использовать или встроенный глушитель, или выхлопное отверстие.

Если используется большое число эжекторов и они установлены на коллекторе с общим выхлопом, то целесообразно установить глушитель на коллектор с обоих концов, чтобы уменьшить сопротивление выхлопу. Если же выхлоп должен осуществляться через трубопровод, необходимо убедиться, что диаметр трубопровода достаточно большой, чтобы противодействие не повлияло на нормальное функционирование эжекторов.

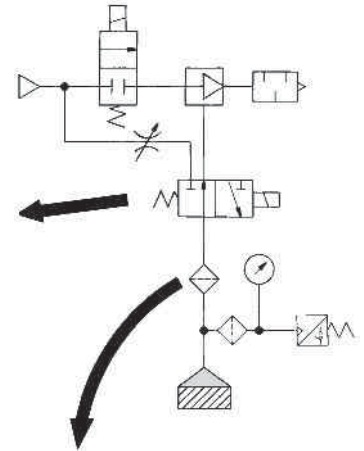


Рекомендации по выбору вакуумного оборудования

Рекомендуется выбирать распределитель в линии питания нормально открытого типа или такой, который обладает функцией "самоневыключения", как контрмера в случае падения напряжения в сети



Выбирайте вакуумный распределитель, который имеет эффективную площадь проходного сечения не меньшую, чем у оборудования, входящего в цепь от эжектора до присоски



Для стравливания вакуума используйте 3/2-распределитель для работы с вакуумом. Кроме этого, применяйте пневмодроссель для регулирования расхода

При работе, связанной с переносом изделий, рекомендуется использовать вакуумный датчик. Кроме этого, при транспортировании тяжелых и опасных предметов целесообразно для визуального контроля применять вакуумметр.

Используйте фильтр (серий ZFA-ZFB) во всасывающей магистрали для защиты распределителя и предотвращения засорения эжектора. Фильтры во всасывающей магистрали должны быть использованы с эжекторами серий ZX, ZR и ZM при работе в пыльной окружающей среде. Если будут использоваться только встроенные в устройства фильтры, они быстро засорятся

Рекомендации по работе с вакуумными схемами

Схема с эжектором и присосками		Схема с вакуумным насосом и присосками	
Идеальный случай, когда на каждую присоску приходится индивидуальный эжектор	Если один эжектор соединен с более чем одной присоской, то в этом случае при разгерметизации хотя бы одного соединения присоски с изделием, уровень вакуума падает, приводя к разгерметизации других присосок. Поэтому должны быть предприняты следующие контрмеры: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Рекомендуется применять пневмодроссель для уменьшения влияния присосок друг на друга ✓ Целесообразно контролировать давление на каждой присоске с помощью вакуумных датчиков 	Идеальный случай, когда на каждую присоску приходится по отдельной вакуумной линии	Когда более чем одна присоска присоединена к одной вакуумной линии, необходимо придерживаться следующих рекомендаций <ul style="list-style-type: none"> ✓ Использовать пневмодроссель для уменьшения изменения давления между работоспособными и неработоспособными присосками ✓ Использовать ресивер и вакуумный редуцирующий клапан (вакуумный регулятор давления) для стабилизации уровня давления ✓ Применять вакуумный датчик давления на каждой присоске

Рекомендации по выбору вакуумных элементов

Характеристики фильтра и эффективной площади распределителя необходимо определять в соответствии с уровнем максимального расхода эжектора и вакуумного насоса. Следует убедиться, что эффективная площадь больше значения, полученного по формуле:

$$S \geq Q_{\max} / 11.1, \text{ где}$$

Q_{\max} - наибольший расход.

Выбор вакуумных фильтров серии ZFA, ZFB, ZFC

Для защиты распределителей и эжекторов от засорения рекомендуется применять в вакуумных сетях фильтр. При использовании эжекторов ZX, ZR и ZM серий в пыльных условиях их фильтры быстро засоряются. Поэтому в качестве дополнительных могут быть рекомендованы фильтры серии ZFA, ZFB, ZFC.

Выбор реле вакуума (серии типа ZS), вакуумных манометров (серии типа GZ)

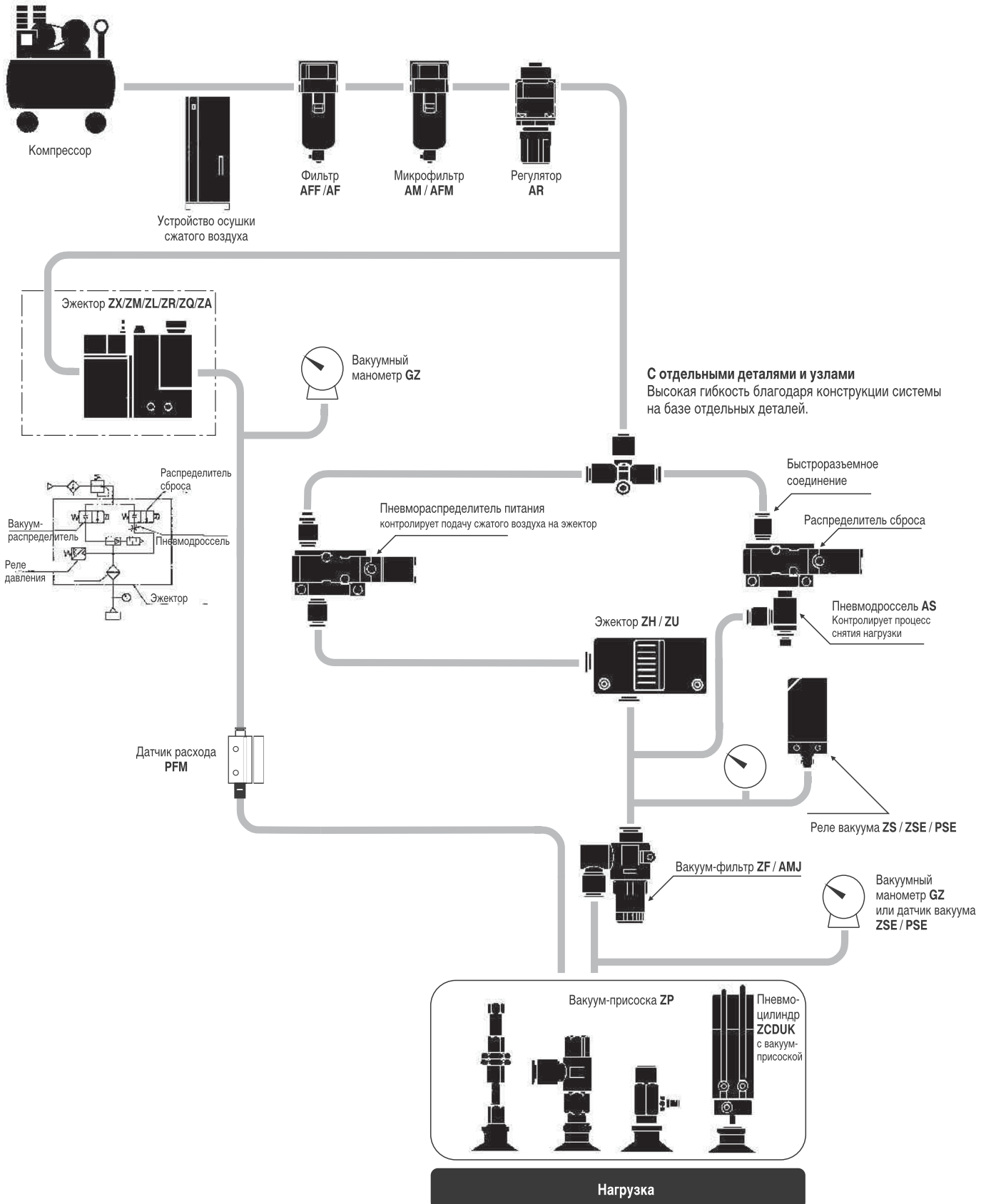
В процессе присасывания и транспортирования изделия необходимо контролировать работу вакуумных распределителей (дополнительно процесс контролируется также визуально с помощью вакуумметров, особенно при работе с тяжелыми или опасными для окружающей среды изделиями).

В условиях, при которых используются малые диаметры вакуумного сопла, равные приблизительно 1 мм, например, при работе с электронными или прецизионными комплектующими, разница в разрежении между уровнями ВКЛ (включено) и ВЫКЛ (выключено) становится незначительной (хотя это зависит от мощности эжектора или вакуумного насоса). В таких случаях необходимо использовать вакуумный датчик давления ZSP1(по запросу), который имеет малый гистерезис и высокую точность. К тому же его использование позволяет стабилизировать уровень давления эжектора и вакуумного насоса.

Выбор вакуумного оборудования

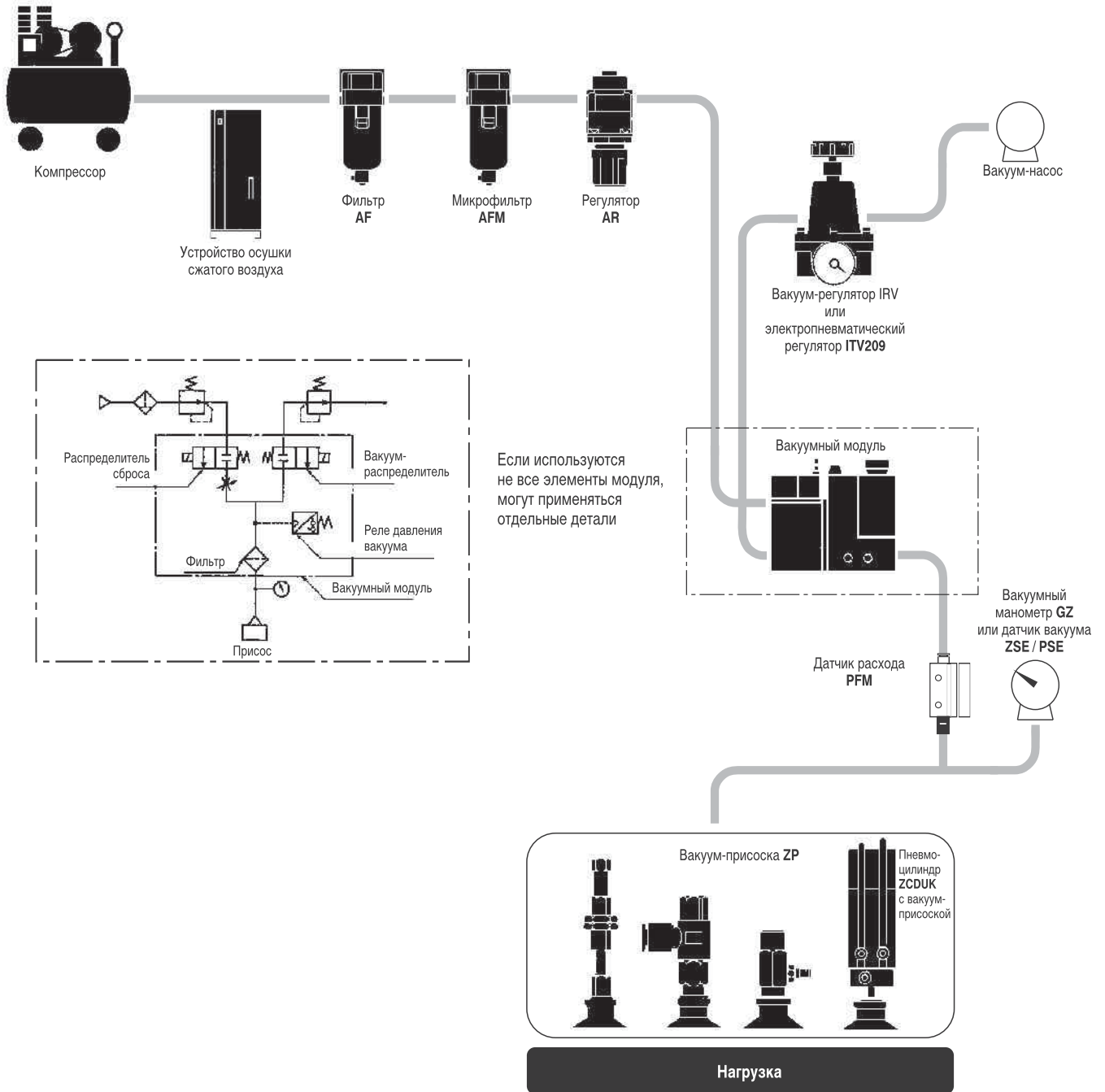
Система транспортировки с генерацией вакуума посредством сжатого воздуха

С системой генерации модульной конструкции экономия времени на монтажные работы, а также малый вес и компактность благодаря принципу встраивания в корпус всех элементов (эжекторы, клапаны/пневмораспределители, фильтры, вакуумные реле, дроссели).



Система транспортировки с генерацией вакуума посредством насоса

Экономия монтажного времени и компактность благодаря вакуумному модулю, который содержит все важные узлы - эжекторы, фильтры, распределители и реле.



Компания SMC сохраняет за собой право на внесение технических и размерных изменений