УДК 62-851.1

## КОНСТРУКЦИЯ СВОБОДНОПОРШНЕВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

© 2015 Е.И. Носков, А.С. Донской

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Поступила в редакцию 16.03.2015

В статье представлен нетрадиционный метод проектирования вакуумного насоса. Предложена пневматическая схема управления насосом, алгоритм изменения параметров которой приводит к появлению резонанса. Авторы предполагают, что такой способ получения вакуума может эффективно применятся на производстве.

Ключевые слова: пневмопривод, свободнопоршневой вакуумный насос

Последние 50 лет человечество активно использует вакуумную технику в различных отраслях промышленности. На сегодняшний день придумано множество видов вакуумных насосов: механические, струйные, абсорбционные, молекулярные, криогенные и др. Однако области применения вакуума сильно расширяются, они все более проникают из областей промышленности в области, близкие к повседневному быту человека (приготовление пищи, сельское хозяйство, частные дома и т.п.). Новые области задают новые требования к вакуумной технике, такие, как экономичность, экологичность, простота конструкции и обслуживания. Зачастую, когда нет необходимости иметь высокую глубину вакуума, используют объемные поршневые насосы или эжекторы, конструкция и принцип работы которых практически не менялся последние три века.

Свободнопоршневые системы. Классически объемные поршневые насосы имеют возвратно-поступательное движение поршня, которое передается через кривошипно-шатунный механизм, как правило, от электродвигателя. Эта конструкция, обладая качествами простоты, дешевизны и удобством обслуживания зачастую применяется в двигателях, компрессорах, насосах и др. В последние 20-30 лет многие инженеры серьёзно задумались над изменением этой модели. Дело в том, что недостатком этой конструкции является пагубное влияние кривошипно-шатунного механизма на систему. Он вызывает неравномерную нагрузку на валу, имеет довольно высокую силу трения и, главное, создаёт радиальную силу на поршень, которая, в свою

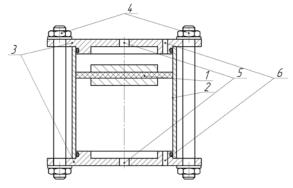
Носков Евгений Игоревич, аспирант. E-mail: noskovei@yandex.ru

Донской Анатолий Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Турбины, гидромашины и авиационные двигатели»

очередь увеличивает силу трения поршня о цилиндр, что приводит к повышенному нагреву. Идея «освобождения» поршня наиболее продумана и реализована, пожалуй, в области двигателестроения, которое привело к созданию нового подраздела науки — свободнопоршневые двигатели.

Свободнопоршневой механизм – механизм с одной кинематической парой, образуемой поршнем и корпусом, и возвратным относительным перемещением его звеньев. Из определения видно, что основой его работы, так и основной проблемой является возвратно-поступательное движение. Оно часто не позволяет напрямую подсоединять такие механизмы к классическим механическим и электрическим машинам, основным движением в которых признано вращательное. Учитывая это, ниже пойдет описание разработанных авторами конструкций, не типичных для вакуумных насосов.

**Конструкция и принцип работы ваку- умного насоса.** На первом этапе проектирования вакуумного насоса была рассмотрена возможность получения вакуума с помощью простейшей конструкции, изображенной на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема однопоршневого 2-х камерного вакуумного насоса:

1 — поршень, 2 — гильза, 3 — крышки, 4 — стяжки крышек, 5 — отверстия для подвода/отвода газа, 6 — отверстия для управления

Была предложена следующая идея получения вакуума. Рабочее положение пневмоцилиндра – вертикальное. Вверх поршень движется за счет давления воздуха, подаваемого в нижнюю полость. Движение вниз происходит за счет веса самого поршня. При движении вниз верхняя полость соединяется с вакуумной камерой, из которой поршень при каждом движении вниз должен выкачивать воздух. Таким образом, в данной конструкции объединены функции пневмопривода, который поднимает вверх груз (поршень), и вакуумного насоса, который работает за счет движения поршня вниз под действием собственной силы тяжести.

Для обеспечения безударных остановок в конце хода применен режим автоторможения, как это делается во многих современных пневмоцилиндрах (рис. 2). Одна из задач заключалась в обеспечении автоматического реверса без использования датчиков положения. В результате была предложена пневмосхема вакуумного насоса, показанная на рис. 3.

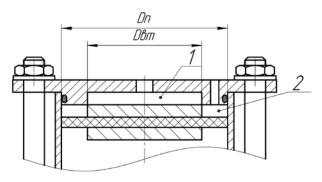
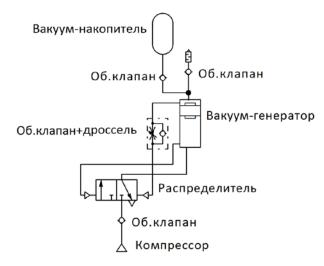


Рис. 2. Схема торможения поршня

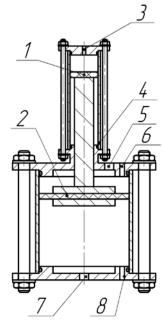


**Рис. 3.** Пневматическая схема вакуум-генератора с двумя полостями

Работа пневмосхемы происходит следующим образом. В начальный момент времени поршень находится в нижнем положении. При включении распределителя воздух поступает в нижнюю полость. В результате поршень начинает

двигаться вверх. Из верхней полости воздух выходит через обратный клапан и глушитель с большими проходными сечениями в атмосферу. При вхождении втулки поршня в полость крышки начинается торможение поршня за счет создания противодавления в полости 2 (рис. 2). Воздух под давлением поступает из полости 2 на управляющий вход распределителя. При определенной величине давления в полости 2 распределитель переключается. При этом нижняя полость соединяется с атмосферой, а верхняя – cвакуумной камерой. В результате поршень за счет силы тяжести начинает опускаться вниз, создавая разряжение в верхней полости. Разряженная верхняя полость соединена с вакуумнакопителем через обратный клапан. При подходе к нижней крышке происходит автоторможение. За счет созданного повышенного давления в тормозной полости распределитель переключается, и цикл повторяется.

Через определенное число циклов возможна ситуация, при которой величина вакуума настолько глубокой, что веса поршня недостаточно, чтобы при движении вниз он дошел до нижней крышки. В этом случае не произойдет обратного движения вверх, потому что не будет сформирован сигнал (давление в нижней тормозной полости 2) на переключение распределителя. Для предотвращения подобных ситуаций в схему введен дроссель с обратным клапаном, который через определенный промежуток времени, задаваемый дросселем, создаст необходимый для переключения распределителя перепад давлений за счет создания вакуума в управляющей полости распределителя. Данная схема имеет свои достоинства и недостатки.



**Рис. 4.** Однопоршневой 4-камерный вакуумный насос

Многие из недостатков устранены в 4-х камерном вакуумном насосе (рис. 4). Этот тип также относится к свободнопоршеневым, имеет 2 гильзы, где поршень верхней гильзы *1* и нижней 2 соединены в один с помощью штока. Штоковая крышка между двумя гильзами общая. Вакуум генератор может работать в нескольких этапах:

- начальный этап — создание низкого вакуума (относительно максимально возможной глубины вакуума этого устройства) (рис. 5). В начальный момент поршень находится в нижнем положении. При подаче давления в нижнюю полость гильзы большего диаметра поршень начинает перемещаться вверх. При этом все остальные

полости (большой и малой гильзы) соединены с атмосферой. При подходе поршня к верхней крышке нижней гильзы начинается его торможение так же, как в ранее рассмотренной конструкции. При торможении появится необходимый перепад давлений на распределителе, и он переключится, в результате чего верхние полости гильз свяжутся с вакуум-накопителем, а нижние — с атмосферой. Поршень под действием воздушной подушки верхней полости и силы тяжести устремится вниз, разряжая и высасывая газ из вакуум-накопителя. При подходе к нижней точке поршень затормозится и реверсируется. Далее цикл начнется заново.

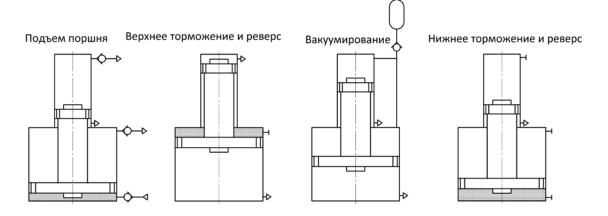


Рис. 5. Начальный этап работы устройства

- этап создания «среднего вакуума» (рис.6). Этот этап отличается от предыдущего тем, что при движении поршня вниз (вакуумирование) вакуум-накопитель соединен только с верхней

полостью малой гильзы, а остальные соединены с атмосферой. Таким образом, уменьшается площадь поршня, позволяя увеличивать глубину вакуума.

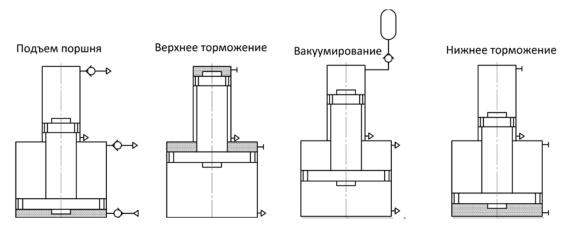


Рис. 6. Этап создания «среднего вакуума»

- этап создания «высокого вакуума» (рис. 7). Этап также схож с первыми двумя с тем исключением, что на этапе вакуумирования верхняя полость малой гильзы соединена с вакуумнакопителем, верхняя полость большой гильзы с

источником сжатого воздуха, а нижние - с атмосферой. Т.е. сжатый воздух совершает работу на этапе вакуумирования, чего не было в предыдущих случаях, тем самым увеличивая глубину вакуума.

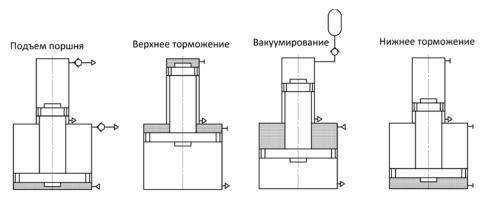


Рис. 7. Этап создания «высокого вакуума»

С учетом вышеописанной работы устройства разработана следующая принципиальная схема (рис. 8). Осуществление возвратнопоступательного движения происходит за счет работы основного распределителя, который управляется перепадом давления при нижнем и верхнем торможениях. Переключение между всеми этапами происходит распределителями 1 и 2, которые переключаются автоматически за счет давления вакуума, соответствующего пороговому давлению настройки распределителя с помощью пружины.



**Рис. 8.** Пневматическая схема вакуум-генератора с 4-я полостями

## Достоинства и недостатки конструкций. Основными достоинствами рассмотренных сво-

Основными достоинствами рассмотренных свободнопоршневых пневматических вакуумных насосов являются:

- простота конструкций;
- использование одного вида энергии для работы насоса и его управления;
- использование положительных свойств резонанса для увеличения глубины вакуума;
- возможность применения их в условиях высоких температур, радиации, взрывоопасности и т п

Основным недостатком таких конструкций вакуумных насосов являются габариты (конструкции представляют собой длинные трубки).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. *Левин, В.И.* Профессии сжатого воздуха и вакуума М.: Машиностроение, 1989. 256 с.
- 2. Носков, Е.И. Получение вакуума с использованием эффекта параметрического резонанса / Е.И. Носков, А.С. Донской // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Том 15, №4(2). С. 564-567.

## CONSTRUCTION OF FREE PISTON PNEUMATIC VACUUM PUMP

© 2015 E.I. Noskov, A.S. Donskov

St. Petersburg State Polytechnical University

The nonconventional method of design a vacuum pump is presented in article. The pneumatic scheme of pump control is offered, the algorithm of which change the parameters leads to emergence of a resonance. Authors assume that such way of receiving vacuum can efficiently will be applied in production.

Key words: pneumatic actuator, free piston vacuum pump

Evgeniy Noskov, Post-graduate Student. E-mail: noskovei@yandex.ru; Anatoliy Donskoy, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Turbines, Hydromachines and Aviation Engines