

О. В. Козулина, М. Г. Кузнецов, М. А. Мухамедзянов,
Б. С. Азизов, Р. Х. Зиятдинов

ПОРШНЕВОЙ АКУСТИЧЕСКИЙ НАГНЕТАТЕЛЬ С КУЛИСНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Ключевые слова: нагнетатель; поршень; кривошип; акустика; резонанс.

Рассмотрены устройство и работа поршневого акустического нагнетателя газа с двухзвенным кривошипно-ползунным механизмом. Показаны преимущества двухзвенного механизма перед шарнирно-рычажным трехзвенным механизмом, содержащим кривошип, шатун и ползун.

Keywords: supercharger; the piston; a crank; acoustics; a resonance.

The device and work of a piston acoustic supercharger of gas with twolink krivoshipno-polzunnym the mechanism are considered. Advantages twolink the mechanism before sharnirno-lever threelink the mechanism containing a crank, a pitmen and a slider are shown.

В [1] рассмотрен двухтактный поршневой акустический нагнетатель (двухтактный ПАН), в котором газовые фазы по обе стороны от поршня смещены и нагнетание газа в бок происходит как при прямом, так и при обратном ходе поршня. При одинаковых энергозатратах производительность двухтактного ПАН примерно в два раза выше производительности одноктактного ПАН.

В двухтактном ПАН, как и в одноктактном, для передачи движения от электродвигателя к поршню можно использовать кривошипно-ползунный механизм. Если такой механизм заменить кулисным [2], то появляется возможность выполнить устройство, состоящее из двух двухтактных ПАН, производительность которого будет в четыре раза больше производительности одноктактного ПАН.

На рис. 1 показан одноктактный ПАН с кривошипно-кулисным механизмом.

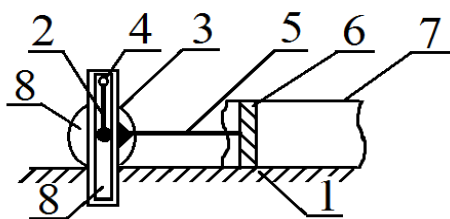


Рис. 1 - Поршневой акустический нагнетатель с кривошипно-кулисным механизмом: 1 - полка; 2 - кривошип; 3 - сторона; 4 - пальцы; 5 - стержень; 6 - поршень; 7 - цилиндр; 8 - электродвигатель

Кулиса кривошипно-кулисного механизма при включенном в работу электродвигателе совершает возвратно-поступательное движение благодаря тому, что палец кривошипа введен в окно 8 кулисы.

Кривошипно-кулисный механизм является двухзвенным. Степень подвижности механизма равна:

$$W=3_n-2p_5-p_4=3\cdot 2-2\cdot 2-1=1,$$

где n - число подвижных звеньев, которыми являются кривошип с неподвижно соединенным с ней пальцем и кулиса с неподвижно соединенным с ней штоком с поршнем; p_5 - число кинематических пар пятого колеса, которыми являются вращательная,

образованная кривошипом и валом электродвигателя, и поступательная, образованная поршнем, жестко соединенным посредством штока с кулисой, и цилиндром; p_5 - число кинематических пар пятого класса, равное единице (пару образуют палец и кулиса).

Преимущество устройства с кривошипно-кулисным механизмом, кинематически соединенным с двумя соосно расположенными двухтактными ПАН, состоит еще в том, что нагрузка на механизм распределяется равномерно по обе стороны от кулисы.

Производительность одноктактного ПАН рассчитывается по формуле [3]:

$$Q=0.25\pi^2 d^2 \bar{U}, \quad (1)$$

где $d = D\sqrt{\frac{2\rho\ell_3 f c_0}{P}}$ - диаметр резонансной трубы,

(здесь: ρ - плотность газа; ℓ_3 - эффективная амплитуда смещения поршня; f - частота колебаний поршня; c_0 - скорость звука в невозмущенной среде; P - динамическое давление газовой струи в ПАН; D - диаметр цилиндра, в котором пульсирует поршень);

$$\bar{U}=0,5\sqrt{\frac{P}{\rho}} \text{ - средняя за цикл скорость газовой струи.}$$

Принимая во внимание то, что в устройстве с двумя двухтактными ПАН производительность такого устройства равна:

$$Q_n=\pi^2 D^2 C_0 \ell_3 f \sqrt{\frac{P}{\rho}} \quad (2)$$

На рис.2 показано устройство с двумя двухтактными ПАН, теоретическая производительность которого в 16-раз выше производительности поршневого компрессора.

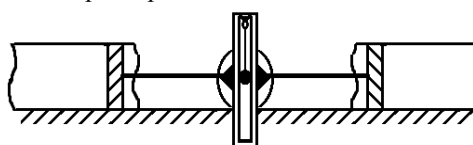


Рис. 2 - Устройство с двумя двухтактными поршнями акустический нагнетатель

Энергосберегающая способность устройства с двумя двухтактными ПАН с диаметрами резонансных труб $d=0,04\text{м}$ и длиной $L=0,077\text{м}$ и $2\ell=0,0869\text{м}$ при одной и той же производительности составит:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{3.2}{60} = 0.05, \quad (3)$$

где N_1 - мощность, вносимая поршнем ПАН; N_2 - мощность, затрачиваемая поршневым компрессором.

Таким образом, затраты энергии поршневым компрессором будут в семнадцать с лишним раз выше затрат энергии устройством с кулисным механизмом и двумя двухтактными ПАН.

Для сравнения можно отметить, что приведенная к мощности 1 кВт производительность устройства с кулисным механизмом и двумя двухтактными ПАН составит $14,4 \text{ м}^3/\text{мин}$, вентилятора – $0,9 \text{ м}^3/\text{мин}$, ротационной компрессорной машины – $0,22 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Таким образом, энергозатраты устройства с кулисным механизмом и двумя двухтактными ПАН в резонансном режиме работы намного ниже, чем в нагнетателях, работающих в стационарном режиме (компрессоры, газодувки, вентиляторы).

При необходимости нагнетания в крупнобаритные помещения большого количества свежего воздуха использование нескольких ПАН с кулисны-

ми механизмами выгоднее, чем одной вентиляционной установки большой производительности.

Например, расход мощности одной вентиляционной установки производительностью $250 \text{ м}^3/\text{мин}$ составляет 273 кВт. Такую же производительность могут дать четыре устройства с кулисными механизмами с суммарным расходом мощности 13 кВт.

Устройство с двумя двухтактными ПАН может найти использование в вентиляции складских помещений пищевого, химического и химико-фармацевтического назначения.

Литература

1. Козулина О.В. Поршневой акустический нагнетатель/ Козулина О.В., Н.Н. Маряхин, М.Г. Кузнецов, Ю.Ф. Коротков // Вестник Казан. технол. ун-та. 2014. Т.17, №6, С.217-219.
2. Пат. 2499935 Российская Федерация, МПК F16H2/18.Кривошипно-кулисный механизм с поступательно движущейся кулисой/А.Г. Замалиев, Ю.Ф.Коротков, Р.Х.Зиятдинов, заявитель и патентообладатель - №2012129131/11; заявл.10.07.2012;опубл.27.11.2013,; Бюл.№33.-5с.
3. Хакимова Е.Г. Исследование поршневого акустического резонатора / Е.Г. Хакимова, О.В. Козулина, М.Г.Кузнецов, А.А.Чижевский, Ю.Ф.Коротков, Р.Г.Галиуллин //Вестник Казан.технол. ун-та. 2012. Т.15, -№15. С.217-219.

© **О. В. Козулина** - к.т.н., доц. каф. оборудования пищевых заводов КНИТУ, ;opp-srv@rambler.ru; **М. Г. Кузнецов** - к.т.н., доц. той же кафедры; **М. А. Мухамедзянов** - к.т.н., доц. каф. материаловедения КНИТУ; **Б. С. Азизов** – магистрант каф. пищевой инженерии малых предприятий КНИТУ; **Р. Х. Зиятдинов** - к.т.н., доц. каф. физики КНИТУ.