

Устройство и работа двухтактного поршневого акустического нагнетателя (далее двухтактный ПАН) рассмотрены в [1]. Двухтактный ПАН по сравнению с одноктактным обладает более высокой энергосберегающей способностью. В двухтактном ПАН находящийся в общем цилиндре поршень колеблется по отношению к присоединенным к цилиндру с обоих концов трубам в противофазе, а вылетающие из противоположных концов труб газовые струи пересекаются под небольшим углом. Такое движение газовых струй обеспечивает непрерывное поступление газа в бокс за счет инжекции. Энергетическими характеристиками двухтактного ПАН, как и одноктактного, являются мощность, энергоэффективность, коэффициент полезного действия и энергосбережение. Производительность двухтактного ПАН будет в два раза выше производительности одноктактного ПАН, что можно записать уравнением [2]: , (1) где - параметр, равный для случая высокочастотных колебаний поршня 0,436; - безразмерная амплитуда колебаний скорости газа (здесь: - амплитуда колебаний скорости газа на выходе из трубы; - скорость звука в невозмущенной среде); - площадь поперечного сечения трубы. Вводимая в двухтактный ПАН поршнем мощность может быть рассчитана по уравнению: , (2) где - мощность, вводимая поршнем в одноктактном ПАН [3]; - плотность невозмущенного газа; - параметр, определяемый по формуле [4]: , (3) здесь m - универсальная константа, равная для высокочастотных колебаний поршня 0,336; - параметр, который является сложной функцией, зависящей от резонансной частоты колебаний, длины трубы и ее радиуса. Энергоэффективность двухтактного ПАН можно оценить критерием, рассчитываемым по формуле: . (4) или по формуле [5]: , (5) где - эффективная длина двухтактного ПАН; - эффективная амплитуда смещения поршня. Производительность любого другого нагнетателя, работающего в стационарном режиме, равна: , (6) где - средняя по сечению трубы скорость газового потока. Если предположить, что и, следовательно, , то из (1) имеем: . (7) Вводимая в любой другой неакустический нагнетатель мощность расходуется на преодоление сил сопротивления трубы и на генерацию газовой струи. Расход мощности на преодоление сил сопротивления трубы и на генерацию газовой струи, соответственно, равны: , (8) , где , - давление на выходе и на входе трубы нагнетателя. В турбулентном потоке давление можно вычислить по формуле [6]: , (9) где , - длина и диаметр трубы неакустического нагнетателя; - коэффициент гидравлического сопротивления. Энергоэффективность неакустического нагнетателя газа определяется соотношением: , (10) где + - суммарный расход мощности. С учетом (1), (6), (7) получим уравнение: , (11) Коэффициент зависит от состояния внутренней стенки трубы. В случае гладких труб, согласно закону Блазиуса [6], имеем: , (12) где - число Рейнольдса (здесь: - коэффициент кинематической вязкости). Для технических труб с зернистой шероховатостью > 70 (здесь: h - высота шероховатости стенки трубы; - скорость касательных напряжений) имеет место

соотношение: η , (13) где R – радиус трубы нагнетателя. Расчеты энергоэффективности нагнетателей произведены для трубы, имевшей $R = 0,022$ м и $L = (3-8)$ м. Параметр « b » для случая высокочастотных колебаний поршня равен $0,436$ [2]. На рис. 1 показано влияние эффективной длины трубы на энергоэффективность нагнетателей. Можно заключить, что энергоэффективность как двухтактного ПАН, так и обычного нагнетателя газа растет с увеличением длины трубы. Энергоэффективность двухтактного ПАН выше, чем обычного нагнетателя, у которого она падает с ростом высоты шероховатости. Так, при для обычного нагнетателя его энергоэффективность в 2 раза ниже энергоэффективности двухтактного ПАН. Рис. 1 - Зависимость K от L : 1 - двухтактный ПАН; 2-4 - нагнетатель, работающий в стационарном режиме; 2 - гладкая труба; 3 - ; 4 - Что касается КПД сравниваемых двухтактного ПАН и нагнетателя, работающего в стационарном режиме, то в работе [2] показано, что $\eta >$. Энергосберегающую способность двухтактного ПАН можно оценить критерием E , представляющим собой отношение затрачиваемых мощностей двухтактного ПАН и любого другого нагнетателя газа. Если для сравнения взять поршневой компрессор, то критерий E можно вычислить по формуле: $E = \frac{P_{\text{двухтактный ПАН}}}{P_{\text{нагнетатель}}}$, (14) где η - параметр, рассчитываемый по формуле [4]. Результаты расчета для $b = 0,436$, $R = 0,022$ м, $L = 3$ м и приведены в таблице 1. Таблица 1

	100	200	300	400	500
E	0,264	0,281	0,292	0,3	0,306

Из таблицы 1 видно, что при применении шероховатых труб энергосберегающая способность двухтактного ПАН в три с лишним раза выше энергосбережения любого другого нагнетателя газа, работающего в стационарном режиме. Можно также отметить рост критерия E при увеличении высоты шероховатости h .