

А. С. ГАЛЮЖИН, Д. П. МЕЛЬНИКОВ, Е. В. ЛОГВИНА

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Надежность работы пневмопривода зависит от степени очистки сжатого воздуха. При наличии в нем воды в жидком состоянии происходит коррозия элементов, смывается смазка с трущихся деталей и увеличивается их износ. В сырую погоду при положительной температуре окружающего воздуха около 0°C в элементах пневмопривода происходит конденсация наибольшего количества воды. При температуре ниже 0°C , происходит замерзание воды и отказ пневмопривода. Частицы пыли также увеличивают износ трущихся деталей пневмопривода.

В пневмосистемах часто используются центробежные влагоотделители, где очистка осуществляется за счет центробежных сил инерции, а потоку воздуха придается вихревое движение.

Для повышения степени очистки сжатого воздуха центробежными влагоотделителями, целесообразно увеличить силу, действующую на частицу влаги в радиальном направлении, т.к. при этом большее количество частиц будет достигать стенок корпуса и оседать на них. Увеличение центробежной силы $F_{ц}$ достигается повышением скорости или уменьшением радиуса кривизны. Известно, что магнитное поле на движущиеся в нем электрически заряженные частицы действует с силой, называемой силой Лоренца $F_{л}$. Если обеспечить совпадение по направлению центробежной силы и силы Лоренца, то можно достичь повышения эффективности центробежного влагоотделителя. Уравнение для расчета радиальной силы F_r , действующей на заряженную частицу, движущуюся по кривой в магнитном поле, будет иметь вид:

$$F_r = \frac{m V_0^2}{r} + q V_0 \sin \alpha \mu \mu_0 \frac{U S}{\pi D_{cp} \rho \sqrt{l_c^2 + D_{cp}^2}}, \quad (1)$$

где m – масса частицы, кг; V_0 – линейная (окружная) скорость движения частицы, м/с; r – радиус кривой, по которой движется частица, м; q – электрический заряд, Кл; α – угол между векторами V_0 и индукцией магнитного поля B ; μ_0 – магнитная постоянная: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/А²; μ – магнитная проницаемость среды: для воздуха и парамагнитных материалов в технических расчетах можно принять $\mu \approx 1$; S – площадь поперечного сечения проводника, м²; U – напряжение на обмотке соленоида, В; ρ – удельное сопротивление проводника; Ом·м; l_c – длина соленоида, м; D_{cp} – средний диаметр обмотки соленоида, м.

В результате проведенных исследований, в Белорусско-Российском университете разработана новая технология осушки сжатого воздуха путем воздействия магнитного поля, создаваемого соленоидом, на положительно заряженные микрочастицы воды.

Для реализации способа очистки сжатого воздуха необходима ионизация этих частиц. Энергия ионизации молекул воды, равна

$E=12,58...12,621$ эВ $\approx 2 \cdot 10^{-18}$ Дж. Если в качестве ионизатора использовать электромагнитное излучение, то длина волны λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{h c}{E}, \quad (2)$$

где h – постоянная Планка: $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; c – скорость света в вакууме: $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Подставив значения, получаем, что ионизацию молекул воды в воздухе обеспечивает $\lambda=9,94 \cdot 10^{-8}$ м, соответствующая длине волн ультрафиолетового излучения. Следовательно, для ионизации молекул воды можно применить, ртутную лампу.

Энергия ионизации молекул кислорода и азота (основных составляющих воздуха) близка к энергии ионизации молекул воды. Так, энергия ионизации O_2 соответствует примерно 12,1 эВ, N_2 – 15,6 эВ. Следовательно, при облучении потока сжатого воздуха ультрафиолетовыми лучами будет происходить ионизация не только молекул воды, но и кислорода, и азота с превращением их в положительно заряженные молекулярные ионы.

Известно, что масса молекул воды, кислорода и азота различна и составляет $2,993 \cdot 10^{-26}$ кг, $5,315 \cdot 10^{-26}$ кг и $4,651 \cdot 10^{-26}$ кг соответственно. Поэтому при движении данных молекул по криволинейной траектории, при одинаковой скорости V_0 и радиусе r , центробежная сила инерции будет больше воздействовать на молекулу кислорода. Вместе с тем, молекула воды является дипольной, что обусловлено строением ее электронных оболочек, содержащих пять пар электронов. Одна пара электронов расположена вблизи ядра атома кислорода, две электронные пары образуют ковалентные связи O–H, оставшиеся две являются неподеленными электронными парами. Вследствие наличия дипольного момента, взаимодействие между электрически нейтральными молекулами воды является достаточно сильным (водородная связь). В результате в водяном паре присутствуют димеры, тримеры и полимеры, т. е. $(H_2O)_2$, $(H_2O)_3$ и $(H_2O)_n$. Назовем эти образования общим термином – частицы воды. Очевидно, что центробежная сила инерции, действующая на частицы воды, при одинаковых V_0 и r , будет пропорциональна количеству молекул в частице воды и, будет больше центробежных сил, действующих на молекулы кислорода и азота. Под воздействием магнитного поля, положительно заряженные молекулярные ионы и электроны будут двигаться в противоположных направлениях. При такой технологии электроны, выбитые из частиц воды, будут захватываться ионизированными молекулами кислорода и азота.

Разработанный центробежно-магнитный влагоотделитель при одинаковых требованиях подготовки сжатого воздуха по сравнению с известными адсорбирующими влагоотделителями, обладает рядом преимуществ: для него не требуется постоянная регенерация или замена адсорбента; использован только один подвижный элемент – запорный элемент электромагнитного клапана; снижены потери энергии на преодоление гидравлических сопротивлений.