

1. Меркулов А.П. Вихревые холодильно-нагревательные установки. Куйбышев, 1961.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике.- М.:Машиностроение, 1969.- 183 с.
3. Пиралишвили Ш.А., Новиков Н.Н., Латышев А.В. Воспламенение ацетилен в вихревом термотрансформаторе //Вихревой эффект и его промышленное применение. Куйбышев:КуАИ, 1981. С.132-136.
4. Бирюк В.В., Вилякин В.Е. Экспериментальные исследования охлаждаемой вихревой трубы//Вихревой эффект и его применение в технике. Куйбышев:КуАИ, 1976. С.90-96.
5. Меркулов А.П. Термодинамический анализ регенеративной схемы с самовакuumирующейся и охлаждаемой вихревыми трубами. Куйбышев: КуАИ, 1976. С.5-8.

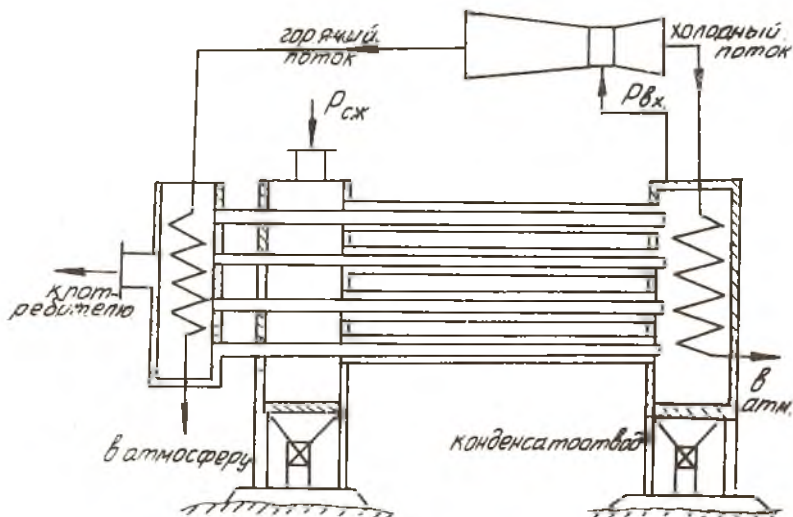
УДК 621.574

А.Д.Суслов, В.П.Сивков, В.Н.Михушкин, С.Д.Глухов

#### СИСТЕМА ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА С ВИХРЕВОЙ ТРУБОЙ

Потребность в осушенном сжатом воздухе растет пропорционально росту применения систем пневмоавтоматики и пневмооборудования на предприятиях различных отраслей народного хозяйства. До настоящего времени проблема осушки сжатого воздуха решается в основном за счет применения адсорбционного метода и отчасти метода конденсации при помощи фреоновых холодильных машин [1].

В МВТУ им. Н.Э.Баумана предложена оригинальная схема конденсационной системы подготовки сжатого воздуха промышленных пневмосистем производительностью 1...10 кг/с и более [2]. Принципиальная схема осушки представлена на рис.1. Сжатый воздух поступает во входной коллектор трехпоточного теплообменного аппарата и, проходя по кольцевым пространствам, образованным наружными и внутренними трубами, поступает в дополнительный коллектор. При этом он охлаждается атмосферным воздухом, обдувающим наружные трубы и осушенным сжатым воздухом, который обратным потоком течет по внутренним трубам. По-



Р и с. 1. Принципиальная схема осушки сжатого воздуха

нижение температуры сжатого воздуха приводит к конденсации влаги, которая сепарируется во влагоотделителе. Подогрев осушенного обратного потока снижает его относительную влажность и тем самым повышается эксплуатационная надежность системы, так как уменьшается опасность выпадения влаги и замерзания воздухопроводов.

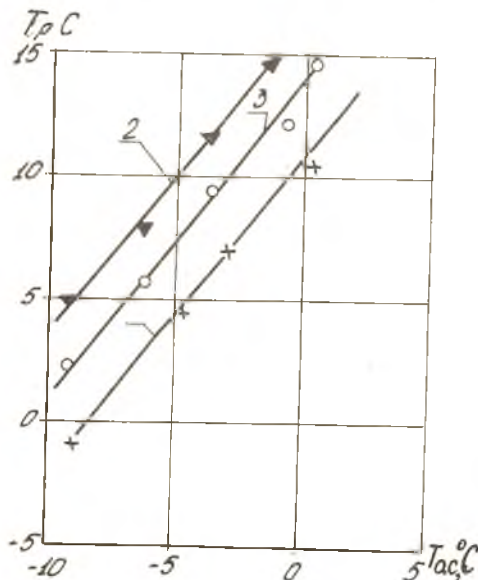
Высокая эффективность этого метода обусловлена тем, что даже небольшое понижение температуры сжатого воздуха приводит к достаточно глубокой его осушке. Так, охлаждение сжатого воздуха промышленной пневмосети (0,7...0,8 МПа) до температуры 2...7°C приводит к снижению его влагосодержания до 0,6...0,8 г/кг, что соответствует точке росы атмосферного воздуха около - 20°C.

Применение такой установки, как показали исследования [3], позволяет осушить воздух до температуры точки росы на 6...8°C ниже температуры атмосферного воздуха, причем все энергозатраты на осушку сжатого воздуха ограничены мощностью привода вентилятора, осуществляющего продувку атмосферного воздуха через трехпоточный теплообменный аппарат.

Вместе с тем в теплый период года, когда температура атмосферного воздуха выше 10°C эффективность работы такой установки в ряде

случаев может быть недостаточна. Требуется дополнительный источник холода. В качестве генератора холода, особенно при наличии на предприятии избытка сжатого воздуха (около 10-15 % от общей производительности), целесообразно применение вихревой трубы.

Сжатый воздух для питания вихревой трубы отбирается из дополнительного коллектора трехпоточного теплообменника (см. рис.1). После энергоразделения холодный поток возвращается в теплообменник, расположенный в дополнительном коллекторе, где дополнительно понижает температуру, а получаемый подогретый поток используется для дополнительного повышения температуры выходящего к потребителю сжатого воздуха. Таким образом, относительная влажность выходящего потока еще больше снижается и достигает уровня 20-30 %.



Р и с. 2. Зависимость температуры точки росы от температуры атмосферного воздуха: 1 -  $G_{вх} = 3060$  кг/ч,  $G_{отд} = 3600$  кг/ч; 2 -  $G_{вх} = 7200$  кг/ч,  $G_{отд} = 3600$  кг/ч,  $G_{гр} = 0$ ; 3 -  $G_{вх} = 6300$  кг/ч,  $G_{отд} = 3600$  кг/ч,  $G_{гр} = 900$  кг/ч

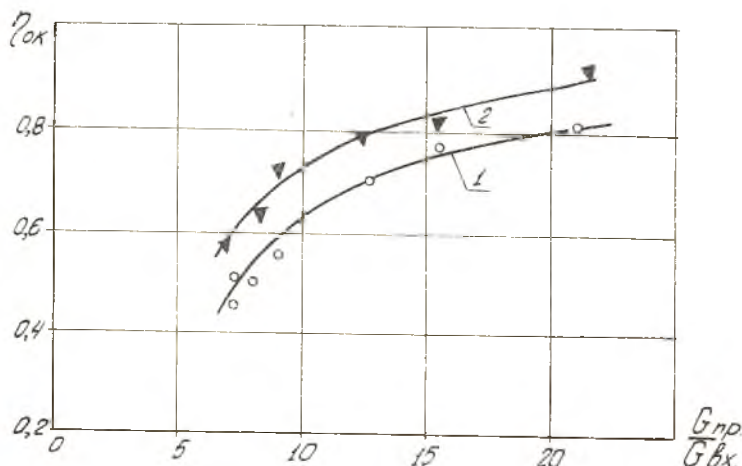
Опытный образец системы подготовки сжатого воздуха, рассчитанный для осушки 2,5 кг/с, установлен на Московском заводе автоматических линий им. 50-летия СССР. Проведенные во время ее эксплуатации экспериментальные исследования показали высокую надежность работы установки и позволили оценить эффективность отделения сконденсированной влаги из сжатого воздуха.

На рис.2 представлены графики зависимости температуры точки росы от температуры атмосферного воздуха при работе системы подготовки сжатого воздуха с вихревой трубой и без ее включения.

Эффективность включения в схему вихревого энергоразделителя не вызывает сомнений, степень осушки сжатого воздуха повысилась на 2...3К.

Однако следует заметить, что расход осушенного воздуха, поступающий к потребителю, снизился при этом на 13 %.

На рис. 3 представлены графики зависимости эффективности отделения конденсата от температуры конденсации с вихревым генератором холода и без него. Более эффективная работа системы осушки сжатого



Р и с. 3. Зависимость эффективности отделения конденсата от соотношения расходов продувочного и сжатого воздуха: 1 — без вихревой трубы; 2 — с вихревой трубой

воздуха с применением вихревой трубы очевидна. Эффективность отделения конденсата повышается на 5...7 %, что несомненно энергетически оправдано при работе вихревой трубы с адиабатным  $\xi_{ок} = 0,28...0,32$ . Тем более применение вихревой трубы оправдано по той причине, что горячий поток используется по прямому назначению, подогревая осушенный сжатый воздух на выходе к потребителю, тем самым коэффициент полезного действия вихревой трубы увеличивается по крайней мере вдвое.

В схеме, представленной на рис. 1, холодный и горячий потоки после теплообменников выводятся из цикла, тем самым до потребителя не доходит 10...15 % сжатого воздуха. На предприятиях, где избытка сжатого воздуха нет, целесообразна постановка дожимающего компрессора, обеспечивающего вихревую трубу, при этом степень расширения в вихревой трубе достаточна 3...3,5. При таком решении исчезает необходимость в теплообменнике для холодного потока, так

как он поступает в трехпоточный теплообменник, где смешивается с осушаемым сжатым воздухом, при этом конденсат выводится обычным путем.

## ВЫВОДЫ

1. Применение вихревого энергоразделителя для получения дополнительного холода и тепла в системах подготовки сжатого воздуха с трехпоточными теплообменниками энергетически выгодно. Выполняя двойную функцию: первоначально охлаждая, а затем подогревая осушенный сжатый воздух, вихревая труба тем самым работает с более высоким коэффициентом полезного действия, чем общепринятый адиабатный КИД.

2. Применение дожимающего компрессора для питания вихревой трубы позволит снизить до минимума потери сжатого воздуха, а возникающая при этом возможность теплообмена смешением энергетически более целесообразна.

## Библиографический список

1. Современное состояние и перспективы развития осушителей сжатого воздуха с использованием холодильных машин в СССР и за рубежом. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, Сер. ХИ7, 1979.- 54 с.
2. Суслов А.Д., Сивков В.П., Николаев В.П. Исследование трехпоточных теплообменных аппаратов системы осушки сжатого воздуха // Мат-лы П Всесоюзной конф. по холодильному машиностроению. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978.- С.71-72.
3. Николаев В.П. Разработка и исследование системы обеспечения незамерзаемости разветвленных пневмосетей.- Автореферат дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук. М., 1982.- 16 с.

УДК 532.527

Ш.А. Пиралишвили

ВИХРЕВОЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС

Одним из наиболее важных направлений исследований в области сбережения энергии является разработка и внедрение теплонасосных