

Секция I

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА

А.Н. Штым, В.А. Упский, Е.Т. Шкорба, В.М. Роцин

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ВИХРЕВЫХ УСТРОЙСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В настоящее время на Дальнем Востоке получили развитие многие отрасли промышленности, в особенности судостроительная, судоремонтная, химическая и горнодобывающая. В силу специфики предприятий этих отраслей промышленности, одним из важнейших энергоносителей является сжатый воздух, поэтому значительная доля потребляемой электроэнергии расходуется на его выработку. На всех предприятиях, как правило, применяется централизованное пневмоснабжение. Однако, основным недостатком централизованного пневмоснабжения является то, что не учитываются индивидуальные особенности потребителей (температура и давление сжатого воздуха). К тому же сжатый воздух, как энергоноситель, мог бы использоваться для получения "тепла" или "холода" в целом ряде технологических операций. При этом дополнительные расходы на выработку сжатого воздуха компенсировались бы экономией средств, необходимых на приобретение холодильного оборудования, установку дополнительных источников тепла, за счет увеличения производительности труда и повышения качества продукции на некоторых производственных участках. Поскольку вихревой эффект делает возможным энергетическое разделение сжатого воздуха на горячий и холодный потоки в сравнительно простом устройстве, представилось целесообразным рассмотреть возможности использования вихревого эффекта и различных вихревых устройств в пневмохозяйствах предприятий дальневосточного региона. С этой целью были проведены исследования судоремонтного завода и горнохимического комбината с подробным анализом состояния и нужд пневмохозяйств.

Существующий метод оценки работы компрессорной станции (удельный расход электроэнергии на м^3 воздуха) не вскрывает ее предельные возможности и не дает оценки совершенства работы отдельных узлов, поэтому был проведен эксергетический анализ пневмосистем предприятий, компрессорных и отдельных компрессоров.

По данным эксергетического анализа нескольких компрессоров (см. табл. I) можно сделать заключение об эффективности работы каждой машины в целом, произвести сопоставление совершенства работы отдельных узлов однотипных машин и наметить пути уменьшения выявленных потерь.

Из эксергетического анализа также следует, что в настоящее время считается вполне закономерной выработка сжатого воздуха с потерей в окружающую среду 40-50% исходной электроэнергии, потребляемой на выработку сжатого воздуха. Поэтому весьма актуальным является вопрос не только совершенствования компрессорной установки, но и рационального использования сжатого воздуха, например, путем применения вихревого эффекта. Вопрос первостепенной важности для потребителей общего назначения — осушка сжатого воздуха.

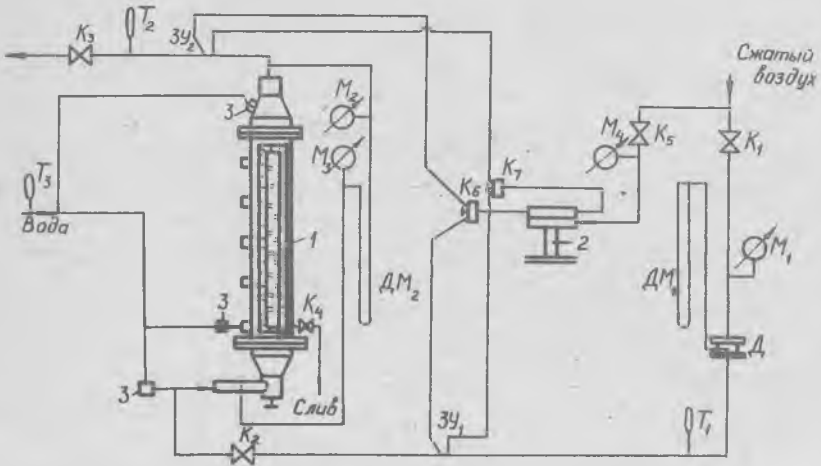
Находящиеся в эксплуатации масловлагоотделители не обеспечивают достаточную осушку сжатого воздуха. Поэтому зачастую перед включением потребителей в работу производят продувку подводящих магистралей, отстойников и т.д. По данным ОГЭ судоремонтного завода общий расход воздуха на продувку составляет $3 \cdot 10^6$ кг/год. Что касается вреда, приносимого влагой в процессе работы пневмоинструмента, технологических узлов и т.д., то он с трудом поддается учету. Например, горнохимический комбинат терпит убытки примерно 300 тыс. рублей в год только из-за простоя оборудования, вышедшего из строя ввиду попадания влаги со сжатым воздухом. Поэтому в первую очередь была проведена работа по исследованию эффективности работы вихревого масловлагоотделителя. Цель исследований — определение гидравлических характеристик эффективности работы вихревого влагоотделителя при различных концентрациях влаги в воздухе, доли вихревого эффекта в процессе влагоотделения, надежности работы при длительной эксплуатации. Схема измерений приведена на рис. I. Для визуального наблюдения за процессом отделения влаги в конструкции влагоотделителя были предусмотрены 2 смотровых окна по всей длине и внутренняя цилиндрическая камера (диаметром 32 мм), изготовленная из прозрачного оргстекла. Были предусмотрены 5 штуцеров для ввода зондов. Степень открытия сопел регулировалась клапаном. Удельное содержание влаги задавалось различными способами: впрыском влаги в камеру перед влагоотделителем, непосредственно в рабочий объем форсункой и специальным штревым распылителем. В процессе испытаний производились измерения температуры и давления по оси потока. Путем смены

Таблица I

Эксергетический анализ компрессорных машин

Тип компрессора	Потери эксергии, %					Потери эксергии, %							Эксергетический КПД	кВт·ч/кВт·ч _{ex}	
	подведенная	после I ступени	после II ступени	после III ступени	состояние после нагрузки	в электродвигателе и механизме редуктора	в I ступени	во II ступени	в III ступени	в I-M ступени	в промежуточных ступенях	в конденсаторе			суммарные потери
Поршневые вертикальные	100	38,9	65,7	-	4,5	11,8	5,7	3	-	8,7	-	8,3	42,6	57,4	1,74
	100	40,5	65	-	4,5	17,3	2,7	2,2	-	7,4	-	6,2	41,3	58,7	1,70
	100	39,8	67,4	-	4,6	15,5	4,5	1	-	7,2	-	6,8	39,4	60,6	1,65
Поршневые горизонтальные	100	38,8	63	-	3,4	19,5	3,3	3,5	-	7,3	-	7,3	44,3	55,7	1,79
	100	30,6	64,4	-	3,4	20,2	2,4	2,2	-	7,4	-	7,4	43	57	1,75
Турбокомпрессоры	100	23,2	42	51,8	3,1	22,3	2,7	3,7	6,8	4,4	5,2	3,3	51,5	48,5	2,06
	100	27,9	46,4	56,9	3,5	8,7	3,5	9,3	6,4	5,6	6,1	3,5	46,6	53,4	1,87

камер с различными видами перфораций была найдена ее оптимальная



Р и с. 1. Схема экспериментального стенда для исследования вихревого влагоотделителя: 1 - вихревой влагоотделитель; 2 - вихревой гигрометр; 3 - форсунка. ЗУ - заборное устройство; К1-К5 - регулировочные клапана; К6-К7 - трехходовые клапана; М1-М4 - образцовые манометры; Т1-Т3 - лабораторные термометры; ДМ1, ДМ2 - ртутные дифманометры; Д - расходомерная диафрагма

конструкция с точки зрения гарантированного отделения влаги на всем исследуемом диапазоне расходов (500-1200 кг/час) и удельного содержания влаги (до 0,3 кг/кг). Выбрана наиболее эффективная схема с автоматическим удалением отделенной влаги. Сопротивление модернизированной конструкции вихревого влагоотделителя при номинальном режиме работы составляет 0,04 МПа-0,053 МПа. Замеры, проведенные с помощью зонда, позволили сделать заключение о наличии охлажденного ядра, зависимости температуры и давления осевого потока от расхода и степени открытия сопла. Выявлена возможность работы вихревого влагоотделителя как теплообменника-смесителя, с помощью которого сжатый воздух охлаждался впрыскиваемой водой на 10-12°. Длительный опыт эксплуатации вихревого влагоотделителя в промышленных условиях показал его надежность в работе, особенно во время пивовых нагрузок.

К потребителям специального назначения можно отнести следующие

участки: распыл краски и лаков подогретым воздухом, очистка деталей, продувка труб, обдувка электродвигателей и топливной аппаратуры, охлаждение резцов и посадки сопрягающихся деталей с предварительным их охлаждением и подогревом. Для судоремонтного завода характерными являются работы в замкнутых объемах, где возможно применение вихревых устройств для создания микроклимата, отсоса газов и паров.

Рассмотрим примеры использования вихревых устройств специального назначения.

Распыл краски обычно производится с помощью краскопультов, питающихся непосредственно от магистрали сжатого воздуха. Требуемое давление на распыл примерно 0,44-0,64 МПа.

Учитывая влияние влаги на качество лакокрасочных покрытий, было предложено использование вихревой трубы с целью получения подогретого воздуха. Несколько экземпляров вихревых трубок находятся в эксплуатации.

Анализ пневмохозяйств выявил острую необходимость в холодильной установке кратковременного действия для охлаждения порций транспортируемого материала (формовочный песок, борат кальция, борной кислоты). Поскольку давление воздуха перед системой снижалось путем дросселирования с 0,69 МПа до 0,25-0,3 МПа, то было решено заменить бесполезное дросселирование вихревой трубой для получения охлаждения рабочего газа с дальнейшим его использованием как транспортирующего агента, так и охлаждающего.

В результате стендовых испытаний определены характеристики охлаждаемой вихревой трубы. При работе в системе пневмотранспорта формовочного песка литейного цеха были достигнуты расчетные величины: температура холодного воздуха 0°C при давлении перед эжектором 0,25 МПа при доле холодного потока $\mu = 1$. Экономический эффект от внедрения составил 1300 руб/год.

При твердом оксидировании деталей из алюминиевых сплавов необходимо поддерживать температуру электролита на уровне $-2, +2^{\circ}\text{C}$. Предложено охлаждать раствор в летнее время холодным воздухом, получаемым в вихревой трубе путем барботирования через раствор в ванне объемом $3,65 \text{ м}^3$. Пробные испытания проводились с вихревой трубой диаметром 66 мм. Полученные данные об эффективности барботажа, времени охлаждения и потребной холодопроизводительности позволили произвести расчет конических вихревых охлажда-

даемых труб непосредственно для выбранного объекта.

Процесс вакуумирования является важным для многих технологических процессов (особенно в химической промышленности).

Безинерционность, малые капитальные затраты и практически неограниченный ресурс работы дает вихревым вакуум-насосам преимущества перед остальными устройствами. В качестве примера можно привести возможность установки вихревого вакуум-насоса на линии пневмозолоудаления производственной котельной. Экономический расчет системы с вихревым вакуум-насосом позволил выявить целесообразность замены парового эжектора на вихревой вакуум-насос.

Результаты анализа пневмохозяйств и примеры применения вихревых устройств убедительно свидетельствуют о широких возможностях работы подобных аппаратов в местах, где требуется индивидуальный подход к каждому потребителю.

И.Л. Лейтес, Г.А. Комарова, М.А. Яидков

НЕКОТОРЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА И МЕТОДИКА ЕГО РАСЧЕТА

Экспериментальному и теоретическому исследованию вихревого эффекта (эффекта Ранка-Хилша) посвящено много работ. Однако, в настоящее время, ввиду сложности гидродинамики трехмерного вращающегося потока, задача расчета эффекта Ранка-Хилша чисто теоретическим путем не решена. Кроме того, теоретические уравнения не позволяют учесть все конструктивные особенности вихревой трубы и качество ее изготовления.

Эмпирические методы расчета вихревого эффекта, предложенные различными авторами [1], позволяют весьма точно конструировать вихревые трубы. Однако этим методам присущи все недостатки, свойственные эмпирическим уравнениям.

Наиболее перспективным представляется третий путь, который ни в коей мере не отвергает другие методики. Этот путь основан на анализе термодинамических закономерностей вихревого эффекта и на создании теоретически обоснованной методики расчета эффекта охлаждения по минимальному количеству экспериментальных данных. Такая методика является в конечном счете полуэмпирической, так как в теоретически обоснованные уравнения должны входить константы, определяемые эмпирическим путем.