

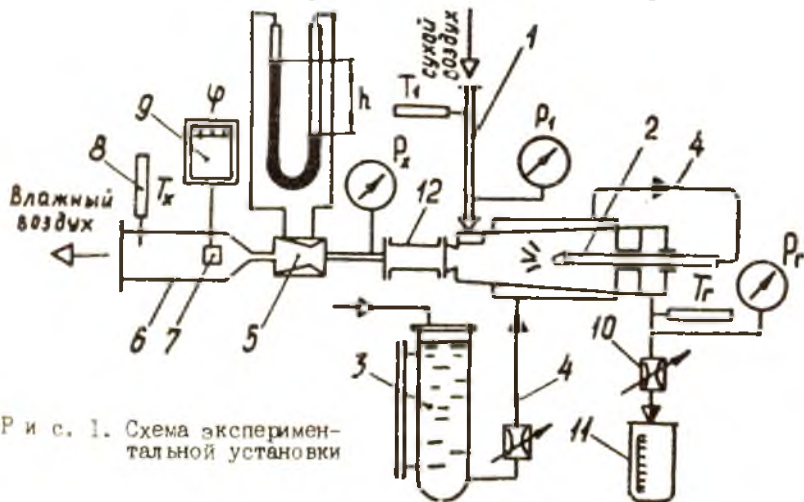
А.Р.Брянский, И.И.Воробьев, Ю.В.Чижиков

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Задача температурно-влажностной обработки воздуха в диапазоне температур $5...15^{\circ}\text{C}$ и при относительной влажности $\varphi = 40...80\%$ в настоящее время решается путем раздельной обработки воздуха по температуре и влажности. Хотя до настоящего времени вихревая труба (ВТ) для насыщения воздуха влагой с одновременным его охлаждением не используется, особенности рабочего процесса, происходящего в камере энергетического разделения, создают реальные предпосылки для использования ВТ в качестве увлажнителя-охладителя.

Поддача влаги в камеру ВТ с целью повышения ее температурной эффективности рассматривалась в работах [1, 2] и некоторых других, однако ВТ с внутренним охлаждением не решает задачи раздельного регулирования температуры холодного потока и влажности.

Цель работы - исследование процесса насыщения воздуха влагой с одновременным его охлаждением. Исследование проводилось на экспериментальной установке (рис.1). Основным элементом установки яв-



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки

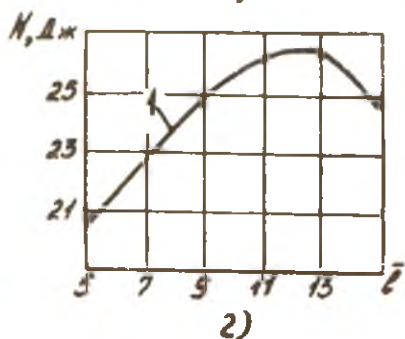
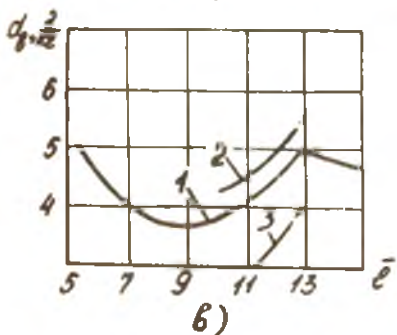
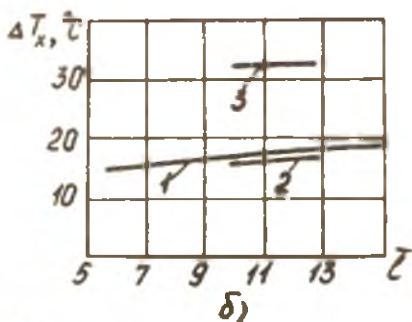
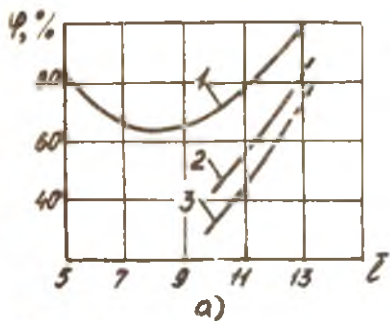
лялась ВТ, в которую подавался сжатый воздух по трубопроводу I с начальным влагосодержанием не более I г/кг. Увлажнение воздуха достигалось путем впрыска воды через насадок 2 с форсункой, установленный по оси ВТ. Вода подавалась в количестве 6 л/ч из гидрорытеснителя 3, далее по трубопроводу 4 через водяную рубашку к насадку. Холодный поток через расходомер 5 направлялся далее в патрубок 6, где установлены датчики влажности 7 и термометр 8. Измерение относительной влажности производилось прибором "Волна-2М" 9 с точностью $\pm 2\%$ влажности. Измерение температуры производилось образцовыми ртутными термометрами с ценой деления $0,5^{\circ}\text{C}$. Горячий поток, проходя через вентиль 10, направлялся в емкость II, в которой измерялось количество жидкости, выходящей с горячим потоком. Момент начала выноса капельной влаги фиксировался с помощью прозрачной вставки 12.

Диаметр ВТ равен 2I мм, диаметр диафрагмы - II мм, длина камеры I5 калибров, длина начального конического участка 8,5 калибра, угол конусности $\alpha = 5^{\circ}$. На горячем выходе в качестве развихрителя применена крестовина. Площадь сопла выбрана оптимальной.

На рис.2 показаны зависимости относительной влажности (а), эффекта охлаждения (б), влагосодержания холодного потока (в), влагохолодопроизводительности (г) ВТ - увлажнителя от места впрыска влаги.

Влага, испаренная в холодном потоке, состоит из двух частей, одну из которых составляет пар, другая часть образуется из мелких, обладающих большим аэродинамическим сопротивлением капель, захватываемых холодным потоком и испаряющихся в зоне разрежения соплового сечения или же сразу за ним. Поэтому при удалении форсунки от диафрагмы на начальном участке происходит, с одной стороны, уменьшение количества капель, захватываемых холодным потоком, что приводит к снижению влагосодержания d , с другой - снижается температура T_x вследствие уменьшения потерь от теплопритоков по насадку в холодную зону ВТ и потерь энергии, обусловленных взаимодействием закрученного потока и капельной жидкости. Так на участке $\bar{L} = 5 \dots 8$ превалирует первый фактор. В результате значение φ падает.

При дальнейшем удалении форсунки от диафрагмы значение d начинает возрастать с одновременным снижением температуры T_x . Рост влагосодержания, вероятно, можно объяснить влиянием двух факторов. Во-первых, увеличивается живое сечение камеры ВТ за счет удаления насадка. В результате обратный поток формируется в большей



Р и с. 2. Относительная влажность φ (а), эффект охлаждения ΔT_x (б), влагосодержание α холодного потока (в) и влагохолодопроизводительность N (г) для ВТ - увлажнителя; 1 - $P_1 = 0,5 \text{ Мн/м}^2$, $T_1 = 294 \text{ К}$, $\mu = 0,9$; 2 - $P_1 = 0,7 \text{ Мн/м}^2$, $T_1 = 297 \text{ К}$, $\mu = 0,9$; 3 - $P_1 = 0,7 \text{ Мн/м}^2$, $T_1 = 313 \text{ К}$, $\mu = 0,7$

мере за счет газа со стороны горячего выхода камеры, который имеет большее влагосодержание. Во-вторых, в результате снижения потерь на трение между газом и жидкостью относительная скорость закрученного потока, а следовательно и коэффициент массообмена, возрастают. Увеличение влагосодержания α и снижение температуры T_x приводит к росту относительной влажности до 100 %.

При сравнении кривых 1 и 2 (рис.2,а) видно, что на величину оказывает существенное влияние уровень давления на входе в ВТ. Так при росте P_1 с $0,5 \text{ Мн/м}^2$ до $0,7 \text{ Мн/м}^2$ значение φ падает на 20 %. Уменьшение μ при сохранении T_x на том же уровне (кривые 2 и 3 на рис.2,а) приводит к дальнейшему понижению φ приблизительно на 10 %.

Оценка эффективности процесса охлаждения с увлажнением холодного потока в зависимости от параметра \bar{L} может быть произведена по показателю влагохолодопроизводительности (рис.2,г)

$$N = q_{\text{х}} G_{\text{исп}},$$

где $q_{\text{х}}$ - холодопроизводительность,
 $G_{\text{исп}}$ - масса испаренной в холодном потоке влаги.

В ы в о д ы

1. Показана возможность использования ВТ в качестве увлажнителя-охладителя в диапазоне температур холодного потока 5...15°C.
2. Оптимальное расположение форсунки в схеме с осевой подачей влаги соответствует $\bar{L} = 11...13$.
3. Изменением положения точки распыла удается достичь регулирования φ в диапазоне порядка 40 % относительной влажности. Температура холодного потока при этом хотя и меняется незначительно, однако ее изменение на 2°C соизмеримо с изменением относительной влажности на 10 %.

Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.:Машиностроение, 1969. 183 с.
2. Курган А.А. Некоторые результаты экспериментального исследования вихревой трубы с испарительным охлаждением //Вихревой эффект и его промышленное применение /Куйбышев, авиац.ин-т. Куйбышев, 1981. С. 112-116.

УДК 533.697

Ю.В.Чижиков

ОБ ИСТЕЧЕНИИ ГАЗА ИЗ СОПЛА ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

При расчете конфузорного сопла вихревой трубы исходят из предположения, что в одномерном адиабатном потоке истекающего из большого резервуара идеального газа при отношении давлений больше критического происходит запирание выходного сечения, и течение должно