

Эти колебания не являются следствием акустического резонанса, поскольку $f_{B,4}$ слабо зависит от длины трубы и монотонно растет с ростом \mathcal{K} . Начальные возмущения, вносимые в поток за счет подачи рабочего тела в трубу через дискретные сопла, также не являются причиной неустойчивости: при замене 3-соплового завихрителя на 4-сопловый с тем же значением \bar{F}_c параметры колебательного процесса не изменяются.

Можно предположить, что высокочастотная неустойчивость связана с образованием сдвиговых вихревых структур в слое интенсивного взаимодействия вихрей за счет разрыва профиля осевой составляющей скорости. Однако это предположение нуждается в тщательной проверке.

Л и т е р а т у р а

- И. Кныш Ю.А., Лукачев С.В. Экспериментальное исследование вихревого генератора звука. - Акустический журнал, 1977, т. XXIII, вып. 5, с. 776-782.

УДК 532.527:628.84

А.А.Курган

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ИСПАРИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Проведение различных технологических процессов, а также улучшение условий труда на строящихся (ремонтируемых) судах обеспечиваются временными системами энергоснабжения.

Применение воздушно-холодильных установок во временных системах холодоснабжения технически затруднено, когда судно на стапеле, на плаву и др. В таких условиях рационально использовать воздушно-холодильные установки с ВТ.

Одним из направлений в повышении эффективности охлаждаемых ВТ является испарительное охлаждение.

В работе исследован контактный способ охлаждения, т.е. охлаждение периферийного горячего вихря непосредственно водяной

пленкой, движущейся по всей длине внутренней поверхности ВТ. Экспериментальная установка состояла из стенда и цилиндрической ВТ диаметром $D_{TP} = 31$ мм с относительной длиной $\bar{L} = 10$, соплом $\vartheta \times h = 10,5 \times 5$ и крестовиной, расположенной в месте выхода горячего потока. Давление перед соплом обеспечивалось в диапазоне $P_c = (1,1-3) \cdot 10^5$ Па, а коэффициент орошения $g_c = 0,02-0,38$ кг/кг.

При контактном способе охлаждения вода вводилась струей через отверстие $\varnothing 3,5$ мм, расположенное от диафрагмы на расстоянии $\bar{L} = 1$, тангенциально по направлению вращения вихря и увлекалась вращающимся воздушным потоком в виде пленки толщиной от 0,5 до 2,0 мм. Устойчивое движение сплошной пленки обеспечивалось при расходе воды 0,6-0,8 кг/ч и мало зависело от давления воздуха перед соплом. При увеличении относительного расхода холодного потока до $\mu = 0,8$ устойчивое движение пленки и ее нормальное дренирование из горячего конца нарушались.

При контактном охлаждении расход охлаждающей воды не оказывал значительного влияния на температурную эффективность, так как преимущественное влияние на нее оказывало испарительное охлаждение. Предельный расход воды не превышал величины ее полного испарения при соответствующей температуре воздушного вихря. Максимальное значение удельной холодопроизводительности имело место при высоких значениях относительного расхода $\mu = 0,8$. Так, при давлении $P_c = 1,2 \cdot 10^5$ Па увеличение холодопроизводительности по сравнению с неохлаждаемой трубой составило 100%, при $P_c = 3 \cdot 10^5$ Па - более 50%.

Несмотря на увеличение температурной эффективности, контактный способ охлаждения ВТ имеет ряд существенных недостатков:

1) значительный расход воды, необходимый для устойчивого движения сплошной пленки и обеспечения условия постоянного дренирования;

2) наличие отдельного источника, а также системы подачи и отвода охлаждающей воды;

3) значительное увлажнение холодного потока при больших значениях относительного расхода;

4) сложность конструкции.

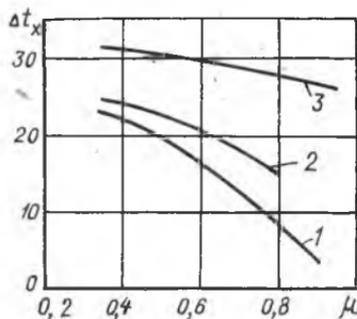
Все эти недостатки устранены в вихревой трубе с испарительным охлаждением, в которой отсутствует вращающаяся водяная пленка.

ка. Это обеспечивалось специальными конструктивными мероприятиями. При этом учитывались два фактора, влияющие на эффективность: процесс испарения влаги в горячий периферийный вихрь и избыточное количество воды во внутренней полости вихревой трубы, приводящие к увлажнению холодного потока при больших μ . С учетом этого рабочим участком в другой экспериментальной установке служила конусная ВТ с конусностью 2° , $D_{\text{ТР.Н}} = 25$ мм и $\bar{L} = 13$.

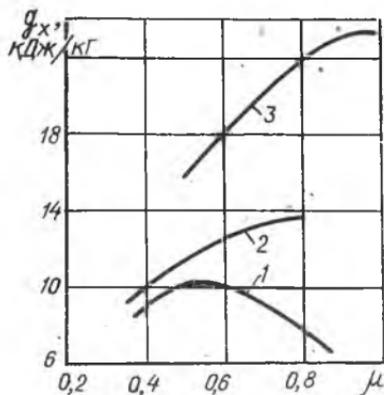
Диаметр диафрагмы и площадь сечения сопла рассчитаны по методике [2]. Для устойчивой работы и уменьшения крутки холодного потока вместо диафрагмы установлена диафрагма-сопло, изготовленная по типу сопла Лаваля. На внутренней поверхности, на $\bar{L} = 5$ изготовлен концентратор тепла, имеющий вид местного оребрения, куда подавалась вода.

Производилось увлажнение только внешних слоев периферийного вихря за счет специального способа подачи воды. С учетом теплоемкости воды и парообразования коэффициент орошения не превышал $g_c = 0,01-0,02$ кг/кг.

Испарившаяся на концентраторе тепла вода увлажняла пристенный слой периферийного вихря, в котором происходило парообразо-



Р и с. 1. Температурная эффективность при $P_c = 3 \cdot 10^5$ Па: 1 - неохлаждаемая цилиндрическая труба; 2 - охлаждаемая контактным способом цилиндрическая труба; 3 - конусная труба (конусность 2°) с испарительным охлаждением



Р и с. 2. Удельная холодопроизводительность при $P_c = 3 \cdot 10^5$ Па: 1 - неохлаждаемая цилиндрическая труба; 2 - цилиндрическая труба, охлаждаемая контактным способом; 3 - конусная труба (конусность 2°) с испарительным охлаждением

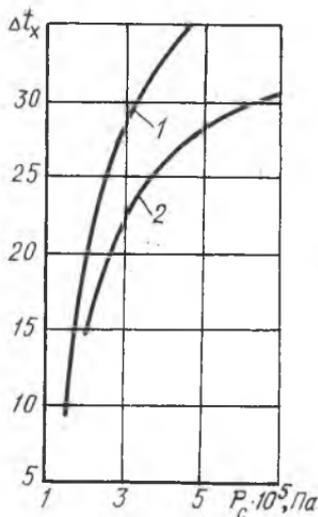
вание. Сконцентрировавшийся в концевой части пар удалялся через сферический дроссельный клапан. За счет отвода тепла на процессы испарения и парообразования можно максимально интенсифицировать теплообмен внутри ВТ, а следовательно, повысить температурную эффективность (рис. 1). Такой способ охлаждения ВТ также дает возможность повысить холодопроизводительность за счет увеличения $\mu = I$.

С этой целью поддерживался тепловой баланс между подаваемой внутри ВТ водой и удаляемой через дроссельный клапан паровоздушной смесью. При этом максимальная холодопроизводительность достигалась, когда через прикрытый дроссель выходил пар с незначительным количеством воздуха $\mu = 0,9-0,095$ (рис. 2). Количество сконденсированной влаги замерялось мерным стеклом на баке-конденсаторе, который устанавливался за дросселем.

Давление в сопле охватывало диапазон от $P_c = 2 \cdot 10^5$ до $P_c = 5 \cdot 10^5$ Па. Так, при давлении $P_c = 3 \cdot 10^5$ Па и $\mu = 0,8$ увеличение холодопроизводительности по сравнению с охлаждаемой контактным способом составило 70%. Установлено, что при работе ВТ с испарительным охлаждением увеличивается эффективность теплообмена, что подтверждается увеличением температурной эффективности с увеличением давления на входе в сопло (рис. 3). Для сравнения была получена характеристика температурной эффективности охлаждаемой ВТ с помощью "водяной рубашки".

Л и т е р а т у р а

1. Мартыновский В.С., Алексеев В.П. Вихревой эффект охлаждения и его применение. - Холодильная техника, 1953, № 3.



Р и с. 3. Зависимость эффекта охлаждения воздуха от давления на входе в сопло: 1 - испарительное охлаждение, $\mu = 0,9$; 2 - охлаждение с помощью "водяной рубашки", $\mu = I$

2. Меркулов А.П.: Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969.
3. Мартынов А.П., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? - М.: Энергия, 1976.
4. Бузник В.М. Интенсификация теплообмена в судовых установках. - Л.: Судостроение, 1969.

УДК 533.6

К.Б.Немира, А.В.Мартынов

МЕТОД РАСЧЕТА ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В НАЧАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЯХ ВИХРЕВОЙ КАМЕРЫ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

α - угол между абсолютной скоростью потока в вихревой камере и осью камеры; β, γ - углы между скоростью газа в завихрителе и, соответственно, осью вихревой камеры и касательной к окружности радиуса r_c ; ϵ - коэффициент сохранения начального момента вращения.

И н д е к с ы

T и Q - тангенциальное и осевое направления; 1 и 2 - средние параметры газа на выходе из завихрителя и периферийного потока в вихревой камере; c, k, m - параметры на среднем радиусе завихрителя, на радиусе вихревой камеры и на радиусе максимальной тангенциальной скорости.

При описании поля скоростей возникают затруднения в решениях перехода от прямолинейного течения газа в соплах завихрителя к закрученному в вихревой камере (ВК).

В предлагаемом методе процесс формирования закрученного потока рассматривается как втекание в ВК турбулентной струи газа, которая образует периферийный закрученный поток. Вихревое ядро, закручиваемое периферийным потоком, вследствие вынужденности движения вращается по закону, близкому к $W_T/r = const$. Непосредствен-