

Автореферат 9
П77

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

На правах рукописи

ПРИХОДЬКО Сергей Владленович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДАЕМЫХ ВИХРЕВЫХ ТРУБ
И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ ЭНЕРГОРАЗДЕЛЕНИЯ

Специальность 05.04.03 - Машины и аппараты
холодильной и криогенной техники и систем
кондиционирования

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1990

XV 1128

Институт холода
ОНАХТ
Бібліотека

Работа выполнена в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
АЛЕКСЕЕВ В.П.
- кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
СИМОНЕНКО Ю.М.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор
ВОЙТКО А.М.
- кандидат технических наук
ЧИЖИКОВ Ю.В.

Ведущая организация - Ленинградский государственный технический университет

Защита состоится " 8 " октября 1990г. в 11.00 часов на заседании специализированного совета К.068.27.01 при Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики по адресу: 270057, г. Одесса, ул. Петра Великого, 1/3, ОИИТЭ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 5 " сентября 1990г.

Ученый секретарь
специализированного совета

к.т.н., доцент

Р.К. Никульшин

№ 20-03-1059

Литограф ОИИТЭ. Подписано к печати 3.09.90.
Формат 100. Заказ 1430-90.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Развитие современной науки и техники, передовых методов производства и внедрение новых технологических процессов неотъемлемо связано с необходимостью получения и поддержания заданных температурных режимов. Во многих случаях использование охлаждающих систем равносильно повышению надежности эксплуатации оборудования, снижению числа тепловых отказов радиоэлектронных приборов, обеспечению безаварийности и улучшению условий работы обслуживающего персонала в металлургии, энергетике, на транспорте. Естественно, что при выборе типа холодильной установки должна учитываться вся совокупность эксплуатационных факторов, включая надежность, простоту. Особое значение в современных условиях приобретают экономичность и экологическая чистота охлаждающей системы.

Большинству из этих требований удовлетворяют безмагнитные охладители, основанные на использовании эффекта Ранка. Вихревые трубы, несмотря на относительно невысокие показатели энергетической эффективности, успешно конкурируют во многих областях современной науки и техники.

Одним из перспективных типов названных безмагнитных устройств являются вихревые аппараты с оребренной камерой энергоразделения. Вместе с тем, наряду с расширяющимся их применением в промышленности, до настоящего времени не созданы надежные методики, позволяющие однозначно определить соотношения геометрических характеристик проточной части и параметры оребренной поверхности.

Актуальность работы определяется необходимостью исследования возможности расширения диапазона эффекта охлаждения и холодопроизводительности вихревых аппаратов без дополнительных энергетических затрат. Повышение экономичности вихревых труб можно рассматривать как расширение области их применения, что приведет к более широкому внедрению в промышленность.

Целью настоящей работы является изучение закономерностей процессов в оребренных камерах энергоразделения охлаждаемых вихревых труб и выявление приемов, способствующих снижению термического сопротивления в процессе теплопередачи от периферии вихря к охлаждающей среде. Важной составляющей исследования является изучение рециркуляции в ПРК и влияния вдува дополнительного потока на эффективность работы охлаждаемой вихревой трубы.

Научная новизна. Разработана математическая модель камеры

энергоразделения охлаждаемой вихревой трубы, учитывающая процессы теплообмена в широком диапазоне режимных и конструктивных параметров. Экспериментальным путем выявлены наиболее рациональные приемы рециркуляции потока в полости охлаждаемой вихревой трубы и исследовано влияние температурно-динамических характеристик потока на условия теплоотдачи в оребренной камере энергоразделения.

Научные положения, защищаемые в работе:

1. При фиксированной теплопередающей поверхности камеры энергоразделения в охлаждаемых вихревых трубах возможно увеличение эффективности процесса энергоразделения за счет вдува до 50% дополнительного потока.

2. В охлаждаемых вихревых трубах с ПРК процесс вихревого энергоразделения практически завершается на участке оребрения камеры, длина которого не превышает $L = 3 \mathcal{L}$, причем на этом участке отдается до 70% тепловой нагрузки вихревой трубы.

Научные результаты:

1. Приведен краткий анализ состояния вопроса по проблеме совершенствования охлаждаемых вихревых генераторов холода с пластинчато-ребристой камерой энергоразделения. Показана актуальность исследования влияния циркуляции потока в полости камеры на эффективность вихревого энергоразделения.

2. Разработанная методика математического моделирования параметров пластинчато-ребристой камеры повышает точность определения их и позволяет проводить расчет характеристик камеры с помощью ЭВМ.

3. При определении температурно-динамических характеристик потока в полости ПРК получены основные параметры, обеспечивающие инженерный расчет и проектирование охлаждаемых вихревых труб с камерой энергоразделения пластинчато-ребристого типа в зависимости от режима эксплуатации и условий внешнего охлаждения.

4. Для определения необходимой протяженности участка оребренной части камеры энергоразделения в качестве показателя может быть использован окружной момент количества движения вихревого потока $M_{\text{вр}}$ в ее полости.

5. С целью сокращения времени охлаждения объектов рекомендовано использование параллельных схем, включающих адиабатную и охлаждаемую вихревые трубы. При работе на первом этапе адиабатной вихревой трубы, для достижения максимального перепада температур ΔT_{max} , подключается охлаждаемая вихревая труба.

Практическая ценность и внедрение результатов работы.

Разработана методика для расчета и оптимизации камеры энергоразделения пластинчато-ребристого типа, являющейся неотъемлемой частью охлаждаемой вихревой трубы.

Разработанная конструкция ПРК (А.с. № П165856) позволяет при сохранении энергетических показателей вихревой трубы снизить металлоемкость установки в 1,9-2,3 раза за счет снижения термического сопротивления.

Комбинированные вихревые установки, внедренные на камерах технологического назначения (А.с. № И219882, И255925), позволяют сократить время охлаждения объектов более чем на 30%.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на 10 научно-технических конференциях: на 4 и 5 Всесоюзных научно-технических конференциях "Вихревой эффект и его промышленное применение", Куйбышев, 1983г., 1987г., 3 Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению, Москва, 1982г., ХХП, ХХШ и ХХУ научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов Энергетического института им. Г.М. Кржижановского, Москва, 1982г., 1983г., 1985г., научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ИТМО им. А.В. Лыкова АН БССР по проблеме "Гидрогазодинамика, тепло- и массообмен в энергетических установках", Минск, 1983г., Всесоюзной научно-практической конференции "Интенсификация производства и применение искусственного холода", Ленинград, 1986г., Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса", Москва, 1987г., Всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса в торговле и на транспорте", Одесса, 1989г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ и получено 4 авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Содержит 109 страниц машинописного текста, 43 рисунка, 3 таблицы. В приложениях к диссертации приводятся материалы по реализации научно-технических результатов работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе проведен краткий обзор литературных источников по основному теоретическим и экспериментальным исследованиям в области вихревого эффекта.

Сравнительный анализ конструкций вихревых труб позволяет к наиболее эффективным устройствам отнести охлаждаемые вихревые трубы с дополнительно циркулирующим потоком промежуточного давления. Одними из перспективных типов камер энергоразделения являются конструкции с различными модификациями пластинчато-ребристых поверхностей. Их достоинства заключаются в возможности достаточно эффективного использования различных приемов охлаждения развитой наружной поверхности и распределение тепловой нагрузки по длине камеры путем направленной циркуляции внутри нее.

Рассмотрены конструктивные решения наиболее эффективных типов охлаждаемых вихревых труб, а также проведено сопоставление рекомендуемых геометрических соотношений элементов проточной части. Особое внимание уделено формированию оребренной камеры энергоразделения, сочетающей в себе функции элемента проточной части вихревой трубы и теплообменника.

На основании проведенного анализа сформулированы следующие задачи исследования:

- поиск оптимальных геометрических характеристик пластинчато-ребристой камеры энергоразделения и оценка их влияния на эффективность вихревой трубы;
- экспериментальные исследования температурно-динамических характеристик вихревого потока в полости камеры энергоразделения;
- построение математической модели и создание методики расчета пластинчато-ребристой камеры энергоразделения;
- определение возможности выравнивания плотности теплового потока по длине камеры энергоразделения путем использования средств, побуждающих рециркуляцию в полости камеры;
- выявление наиболее благоприятных режимов работы охлаждаемой вихревой трубы с дополнительным потоком промежуточного давления.

Исходя из поставленных задач проведен комплекс исследований. Представлена схема экспериментального стенда, описана методика проведения и обработки экспериментальных данных, содержится оценка погрешностей проведенных исследований.

На основании результатов исследований, направленных на совершенствование охлаждаемых вихревых труб (рис. 1) путем снижения

термического сопротивления пластинчато-ребристой камеры энергоразделения, проведено сравнение полученных данных с результатами других авторов.

Предложена и изучена пластинчато-ребристая камера (рис. 2), конструкция которой позволяет организовать передачу теплоты перпендикулярно плоскости ребер, одновременно способствуя увеличению поверхности как внутреннего так и наружного оребрения камеры, оставляя при этом неизменной общую теплопередающую поверхность пластинчато-ребристой камеры (ПРК).

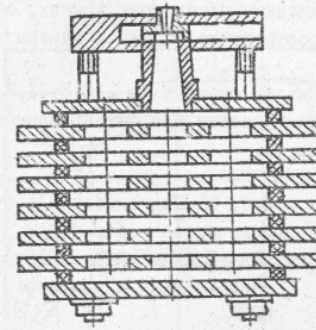


Рис. 1. Вихревая труба
А.И.Азарова с пластинчато-
ребристой камерой
(А.с. № 456118)

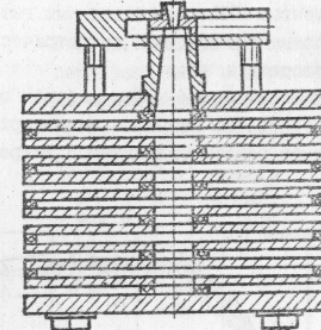


Рис. 2. Вихревая труба с
пластинчато-ребристой камерой
(А.с. № 1165865)

В ходе экспериментальных исследований были выявлены следующие геометрические соотношения для ПРК, что было вызвано изменением ее конструкции: толщина ребра δ_p , толщина прокладки δ_{np} , ширина прокладки B , внутренний диаметр прокладки (диаметр оребренного участка камеры) D_{np} , диаметр ребра D_p , протяженность оребренного участка L_{op} , диаметр центрального отверстия в ребрах D' , количество перфорационных отверстий N_n , диаметр перфорационных отверстий D_n , общая площадь перфорационных каналов F_n .

Необходимость проведения экспериментальных работ обусловлена тем фактом, что объем известных источников не позволяет в полной

мере формировать однозначные рекомендации по проектированию ПРК в широком размерном диапазоне. Основные геометрические характеристики являются приближенными и получены Ю.М. Симоненко для всего интервала режимных параметров $\mathcal{T} = 1,5 \div 6,0$. Это диктует необходимость более детального исследования геометрических соотношений ПРК и изучения температурно-динамических характеристик потока в полости камеры, с целью создания методики расчета пластинчато-ребристой вихревой трубы в широком диапазоне размерных и режимных параметров.

Почередным изменением одного из основных конструктивных элементов ПРК при неизменных геометрических параметрах других, определены оптимальные геометрические соотношения размеров камеры энергоразделения.

Исследованы ПРК с набором от 10 до 45 ребер. $\bar{v}_{op} = 2,5 \div 11,5$ и установлена необходимая поверхность оребрения для фиксированных режимов работы охлаждаемой вихревой трубы.

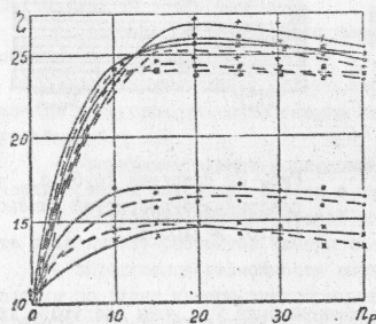


Рис. 3. Зависимость z от количества ребер n_p и направления каналов циркуляции потока в полости ПРК

- — ориентация каналов по направлению сопла;
- - - ориентация каналов против направления сопла.
- × - $\mathcal{T} = 1,5$; ○ - $\mathcal{T} = 6,0$.
- - $\mathcal{T} = 2,0$;
- + - $\mathcal{T} = 3,0$;
- - $\mathcal{T} = 4,0$;

Как показали исследования, наиболее теплонатяженной частью камеры являются первые 7-15 ребер - $\bar{v}_{op} = (1,5 \div 3,75) D$, где происходит отвод 65-75% тепла. Таким образом, перфорационные каналы являются средством для равномерного распределения теплового потока по всей длине камеры. Сформированы каналы, дающие возможность трассировать поток в различных направлениях в полости камеры: в двух взаимно противоположных направлениях, имитирующих спиральное

движение по длине камеры и в направлении, параллельном оси вихревой трубы. Такая циркуляция по перфорационным каналам внутри ПРК позволяет повысить эффективность на 10-14% при $\mathcal{T} = 1,5 \div 6,0$, что достигается организацией с помощью универсального набора ребер спиральных перфорационных каналов путем пошагового поворота ребра на величину от 15 до 36 градусов.

В ходе этих исследований проводилась оптимизация площади перфорационных каналов, что достигалось вариацией диаметра отверстий и их количества. Уточнена оптимальная площадь перфорационных отверстий $\bar{F}_n = 0,2 \div 0,35 \bar{F}_r$ в режимах $\mathcal{T} = 1,5 \div 6,0$ (рис. 4.).

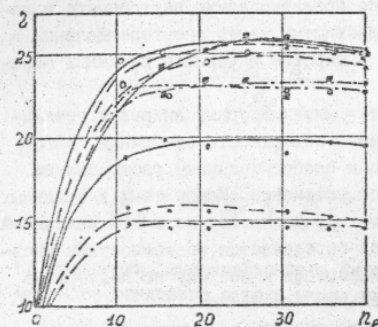


Рис. 4. Влияние площади перфорационных отверстий на эффективность вихревой трубы

- — $\bar{F}_n = 0,21 \bar{F}_r$
- - - $\bar{F}_n = 0,38 \bar{F}_r$
- - - $\bar{F}_n = 0,59 \bar{F}_r$
- × - $\mathcal{T} = 1,5$;
- - $\mathcal{T} = 4,0$;
- - $\mathcal{T} = 6,0$.

Анализ представленных в работе результатов экспериментальных исследований по определению влияния параметров ПРК на энергетическую эффективность охлаждаемой вихревой трубы, а также определение температурно-динамических характеристик потока в ее полости, позволяют уточнить процессы, происходящие в оребренной камере, и определить степень их влияния на эффективность установки на различных ее участках. При проектировании вихревых труб, работающих в широком диапазоне \mathcal{T} , вынужденно принимаются поверхности оребрения, характерные для \mathcal{T}_{max} и избыточные для всего остального интервала \mathcal{T} . Сложность решения этой задачи обусловлена также неравномерностью распределения тепловой нагрузки по длине ПРК и влиянием термического сопротивления наружной части оребрения. Поэтому в работе проведена разработка аналитических методов оптимизации для создания методики расчета пластинчато-ребристой камеры.

В охлаждаемых вихревых трубах холодопроизводительность установки Q_o во многом определяется условиями внешнего охлаждения и условиями теплопередачи в ПРК. Поэтому определяющим фактором при оптимизации поверхности оребрения принята величина Q_o , зависящая от степени расширения \mathcal{T} и от массового расхода потока μ . По данным существующих методик при проектировании ПРК охлаждаемых вихревых труб вынужденно принимаются поверхности оребрения, характерные для повышенных значений \mathcal{T} , избыточные для $\mathcal{T} \ll \mathcal{T}_m$.

Известные эмпирические соотношения, рекомендованные для широкого диапазона $\mathcal{D} = (0,003 \div 0,050)$ м в интервале \mathcal{T} от 1,5 до 8,0, преимущественно при давлении холодного потока $P_x = 0,1$ МПа, не дают однозначных рекомендаций по проектированию внутреннего и наружного оребрения пластинчато-ребристых камер энергоразделения и неприемлемы для расчета на ЭВМ в широком интервале режимных параметров.

В силу этого, при разработке низконапорных вихревых установок, зачастую принимались значения поверхности оребрения, завышенные на 40÷60%, что приводило к необоснованному расходованию материалов и повышению габаритов установки. Между тем, в реальных условиях эксплуатации, потребитель располагает заданной величиной степени расширения \mathcal{T} , которая определяется возможностями пневмосистемы, задана условиями техпроцесса и поэтому не подвержена в процессе эксплуатации значительным колебаниям.

Исходными данными для расчета приняты следующие величины: \mathcal{D} - диаметр вихревой трубы, $\theta_x = T_x / T_c$ - относительная температура холодного потока, $T_c = T_o$ - температура сжатого и охлаждаемого потоков, $Q_o = f(\mathcal{T}, \mathcal{D})$ - холодопроизводительность вихревой трубы. Были проанализированы процессы теплопередачи в полостях ПРК. При решении задачи для внутреннего оребрения из системы уравнений

$$Nu_{ii} = 0,1 Re_{ii}^{0,56}; \quad (1)$$

$$Re_{ii} = \frac{W_{ii} \rho_{ii} d_{3ii}}{\mu_{ii}}; \quad (2)$$

$$W_{ii} = f(\mathcal{T}, \bar{L}); \quad (3)$$

$$d_{3ii} = \frac{2 \delta_{np} h_{ii}}{\delta_{np} + h_{ii}}; \quad (4)$$

$$L_{ii} = \frac{h_{ii}}{d_{3ii}} \alpha 1 Re_{ii}; \quad (5)$$

$$Bi_{ii} = \frac{L_{ii} \delta_p}{\rho}; \quad (6)$$

$$h_{ii} = 0,75 \delta_p \sqrt{\frac{2}{Bi_{ii}}}; \quad (7)$$

на основании рекомендованного Эккертом условия обеспечения максимального теплового потока через ребро при заданной его массе

$$h_{ii}^2 \left(1 + \frac{\delta_p}{h_{ii}}\right)^{0,44} = \frac{13,518 \rho_p \delta_p \delta_{np}^{0,44}}{\rho_{ii} \left(\frac{W_{ii} \delta_{ii}}{\mu_{ii}}\right)^{0,56}} \quad (8)$$

получено соотношение, устанавливающее взаимосвязь между высотой внутреннего оребрения L -го ребра от теплофизических свойств омывающего потока при фиксированных геометрических параметрах ребер и прокладок-дистанцеров. Таким образом, зная поверхность внутреннего оребрения L -го ребра и распределение температур по его радиусу, можно получить количество тепла Q_{ii} - отведенного от потока на внутреннем оребрении L -го ребра.

Аналогичным образом решена задача для наружного оребрения с учетом условий внешнего охлаждения камеры энергоразделения.

Получено выражение для высоты наружного оребрения \angle -го ребра

$$h_{2i}^2 (h_{2i} + \delta_{np})^{0,44} = 13,678 \frac{\delta_p \delta_p \delta_{np}}{h_{2i}} \left[\frac{(N-1) \rho'_B}{G_B} \right], \quad (9)$$

а затем количество тепла q_{2i} , отведенное от внешней части ребра охлаждающим внешним потоком.

Из условия $q_{1i} = q_{2i}$, рассматривая систему как замкнутую, легко определить количество тепла, отведенное на \angle ребро и из выражения

$$T_{2i} = T_2 - \frac{q_{2i}}{C_p G}; \quad (10)$$

найти температуру потока в камере энергоразделения на \angle ребре, что дает возможность провести пошаговый расчет для всего пакета по длине пластинчато-ребристой камеры и из выражения

$$Q_0 = \sum_{n=1}^N q_n \quad (11)$$

определить оптимальную поверхность оребрения ПРК для конкретных режимных параметров и условий внешнего охлаждения. При фиксированных величинах δ_p и δ_{np} и расчетных значениях высоты внутреннего h_{1i} и наружного h_{2i} оребрения для каждого ребра, это дает возможность определить l_{op} . В ходе расчета определены поверхности внутреннего и наружного оребрения ПРК, величины межреберного зазора δ_{np} и толщины ребер δ_p в зависимости от режимных параметров и условий внешнего охлаждения.

Для определения температурно-энергетических характеристик вихревой трубы с ПРК, а также проверки эффективности различного способа вдува дополнительного потока промежуточного давления в полость камеры изучены три варианта вдува в различные ее зоны.

Результаты исследований представлены на рис. 5 в виде зависимости адиабатного коэффициента Z от степени расширения \mathcal{T} сжатого газа, от расхода G дополнительного потока, а также зоны его вдува.

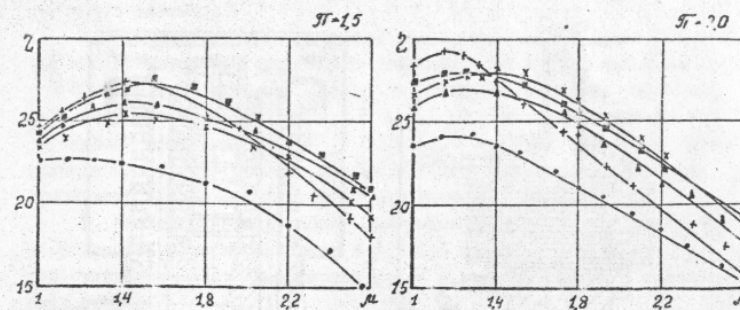


Рис. 5. Зависимость Z от \mathcal{T} и $G_{доп}$ при вводе дополнительного потока

Δ - $l_{n.g.n.} = 0$; \square - $l_{n.g.n.} = 10$ мм; $!$ + - $l_{n.g.n.} = 15$ мм;
 \times - $l_{n.g.n.} = 50$ мм; \circ - $l_{n.g.n.} = 0$ на периферии камеры.

Из полученных характеристик следует, что в охлаждаемой вихревой трубе с ПРК происходит повышение эффективности энергоразделения на 7-16% в интервале \mathcal{T} от 1,5 до 3,0 в интервале G от 1,0 до 1,5 за счет ввода дополнительного потока промежуточного давления. Этот факт говорит о завышенных величинах теплопередающей поверхности ПРК и возможности отвода теплоты из внутренней полости камеры без уменьшения энергетических показателей с учетом ввода дополнительного потока. В этом случае доля дополнительного потока $G_{доп}$ может достигать величины до 50% основного потока G .

Преимущества пластинчатых вихревых труб наиболее полно раскрываются при их работе в составе регенеративных схем. В ходе испытаний установок для систем термостатирования выявлены предпочтительные температурные уровни при работе вихревых труб на различных режимах работы. Для работы в системах термостатирования технико-экономический анализ определил целесообразность последовательного включения неадиабатной и адиабатной вихревых труб на температурном уровне ниже -15°C . В качестве такого вихревого генератора холода предложены две конструкции, защищенные А.с. №1219881 и А.с. № 1255825 (рис. 6.). Режим максимальной холодопроизводительности, который характеризуются понижением температуры всего подаваемого в трубу потока в интервале от 0 до -10°C и режим максимальной температурной эффективности, при котором происходит охлаждение

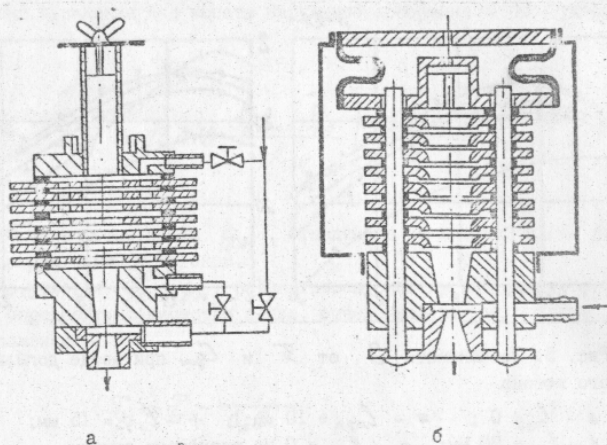


Рис. 6. Комбинированные вихревые установки

- а - вихревая труба (А.с. № 1219882);
 б - вихревая труба (А.с. № 1255825).

25±35% потребляемого расхода до температуры $-40 \pm -45^\circ\text{C}$. Предусмотрена возможность плавного изменения температурно-расходных характеристик в диапазоне относительного расхода холодного потока от 25 до 100% и перепада температур от 25 до 60° .

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Повышение адиабатного КПД ξ охлаждаемой вихревой трубы на величину до 10% может быть достигнуто за счет формирования спиральных каналов и использования других средств, активизирующих циркуляцию потока в полости ПРК и способствующих выравниванию плотности теплового потока по длине камеры.

2. В результате численного метода оптимизации параметров пластинчато-ребристой камеры энергоразделения охлаждаемой вихревой трубы доказана возможность снижения массогабаритных характеристик вихревой трубы при сохранении заданных температурно-энергетических параметров за счет приведения в соответствие теплообменной поверхности ПРК тепловой нагрузке самой трубы.

3. Экспериментально подтверждено смещение максимума эффективности вихревого энергоразделения в сторону $\mu > 1$ при переходе на режим работы с вводом в полость ПРК дополнительного потока приме-

ДРОЗДОВ ВЛАДИМИР
 УХАНОВ
 АЛЕКСАНДР

хучочного давления.

4. Разработаны и исследованы конструкции, сочетающие в одной системе преимущества адиабатных вихревых труб и вихревых аппаратов в ПРК. Переход в процессе охлаждения объектов с режима максимальной холодопроизводительности $\mu = 1,0$ на режим максимальной температурной эффективности $\mu = 0,25 \pm 0,35$ позволил сократить время охлаждения объекта при сохранении максимально высоких перепадов температур ΔT_{max} , характерных для каждого режима.

5. Исследованная в работе оригинальная конструкция пластинчато-ребристой камеры позволяет в 1,2÷1,6 раза снизить термическое сопротивление между периферией вихря в полости камеры и охлаждающей средой.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В РАБОТАХ:

1. Дроздов А.Ф., Симоненко Ю.М., Приходько С.В. Ступенчатые и многокамерные вихревые охладители // Деп. ЭНИИ им. Г.М.Кржижановского. - 1982. - 13 с.

2. Азаров А.И., Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Влияние конструктивных особенностей оребренных камер энергоразделения на энергетическую эффективность охлаждаемых вихревых труб // Тезисы докл. Третьей Всесоюзной научно-технической конференции "Вихревой эффект и его промышленное применение". - М.: КуАИ, 1982. - 29 с.

3. Муратов С.О., Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Исследование характеристик вихревого потока в оребренных камерах // Тезисы докл. Третьей Всесоюзной научно-технической конференции "Вихревой эффект и его промышленное применение". - М.: КуАИ, 1984. - С.114-117.

4. Кротов П.Е., Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Внутренняя рециркуляция потока как средство повышения эффективности охлаждаемых оребренных вихревых труб // Деп. в ЭНИИ им. Г.М.Кржижановского. - 1985. - № 1785ЭН -Д85. - 7 с.

5. Муратов С.О., Приходько С.В. Универсальная вихревая труба для охлаждения замкнутого объема // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Интенсификация производства и применение искусственного холода". - Ленинград, 1966.

6. Приходько С.В., Симоненко Ю.М., Кротов П.Е. Вихревая холодильная камера // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса". - Москва, 1967.

7. Муратов С.О., Приходько С.В., Крымова Т.А. Адиабатные и неадиабатные вихревые трубы в регенеративных схемах охлаждения // Тезисы докл. Третьей Всесоюзной научно-технической конференции "Вихревой эффект и его промышленное применение". - М.: КуАИ, 1988. - С.98-102.
8. Белогуб В.С., Бондус В.И., Кротов П.Е., Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Вихревая камера для охлаждения втулок дейдвудных подшипников. - В сб.: Морской транспорт. Сер. "Судоремонт". 1986. - № 14.
9. Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Вдув дополнительного потока как средство повышения КПД охлаждаемых вихревых труб // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса в торговле и на транспорте". Одесса. - 1989.
10. Деревянко Г.В., Приходько С.В., Симоненко Ю.М. Оптимизация поверхности оребрения охлаждаемых вихревых труб // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса в торговле и на транспорте". - Одесса. - 1989.
11. Дроздов А.Ф., Луцки А.А., Муратов С.О., Приходько С.В. Оптимизация числа ступеней вихревого охладителя // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса в торговле и на транспорте". - Одесса. - 1989.
12. А.с. № 1105856 (СССР) Вихревой холодильник. /А.Ф.Дроздов, С.О.Муратов, Е.Н.Панибратец, С.В.Приходько. - Оpubл. в Б.И. № 17, 1986.
13. А.с. № 1219882 (СССР). МКИ F25B9/02. Вихревой холодильник. /В.П.Алексеев, П.Е.Кротов, С.В.Приходько, В.А.Сафонов. - Оpubл. в Б.И. - 1984, № 25.
14. А.с. № 1219881 (СССР). МКИ F25B9/02. Низкотемпературный охладитель. /А.И.Азаров, А.Ф.Дроздов, С.В.Приходько, Ю.М.Симоненко. - Оpubл. в Б.И. - 1986, № 11.
15. А.с. № 1255825 (СССР). Вихревая труба и способ стабилизации режима работы вихревой трубы. /А.И.Азаров, С.О.Муратов, С.В.Приходько, Ю.М.Симоненко. - Оpubл. в Б.И. - 1986, № 33.