УДК 621.56.59

ВИХРЕВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Бирюк В.В., Горяинов С.Б., Угланов Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет им.ак.С.П.Королева (национальный исследовательский университет), Самара, Россия

АННОТАЦИЯ

Одним из альтернативных видов возобновляемой энергетики является вихревая энергетика, которая представляет собой технологии использования закрученных потоков сплошной среды (например, жидкости и газа) - для преобразования их в тепловую энергию, работу, в градиент температуры и давления. Интерес к исследованию вихревых образований поддерживается в мире в течение длительного отрезка времени - вихревые структуры систематически выявляются во многих исследуемых физических процессах.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы при изучении вихревых движений были обнаружены факты, которые послужили стимулом к новым аспектам исследования вихря. Имеются в виду физические явления, свидетельствующие о проявлении нелинейных эффектов в аэрогидродинамических процессах.

Вихревые (закрученные) потоки сплошной среды представляют собой один из важнейших и исключительно трудных разделов механики жидкостей и газов. Они характеризуются специфическими, принципиально отличающими их от осевого движения свойствами, такими как возникновение вторичных течений, активное и консервативное воздействие на структуру среды, трёхмерный характер осреднённых и пульсационных параметров, анизотропия характеристик переноса теплоты и импульса, высокие градиенты скоростей и давления и т.д.

Наиболее полно эти свойства проявляются в «вихревых трубах» - устройствах, реализующих эффект энергетического разделения закрученных потоков, известный как «эффект Ранка» или «вихревой эффект».

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА

Вихревая труба представляет собой (рисунок 1) гладкую цилиндрическую (или коническую) трубу 1, с одного конца которой установлено тангенциальное сопло 2, с выходной улиткой 3, а торец закрыт диафрагмой 4 с центральным отверстием. На другом конце трубы установлен дроссель 5. Сжатый газ подаётся в тангенциальные сопла и обра-

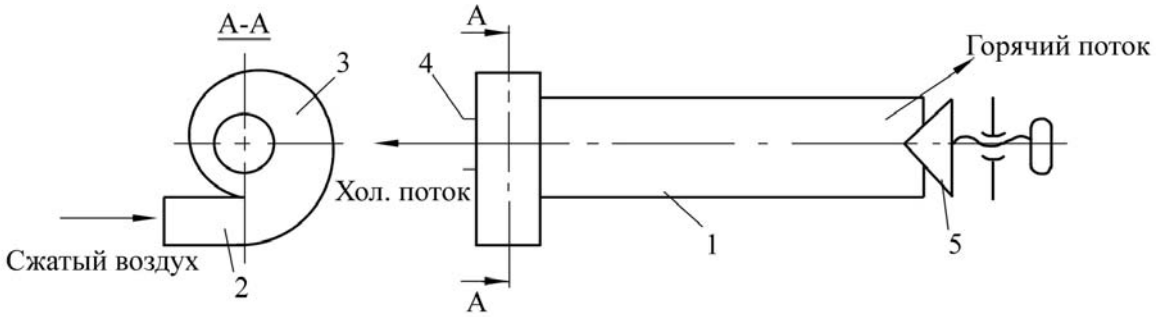

Рис.1 Схема вихревой трубы: 1 - гладкая цилиндрическая труба, 2 - тангенциальное сопло, 3 - входная улитка, 4 - диафрагма, 5 - дроссель.

зует в трубе интенсивное круговое движение. При достаточном прикрытии дросселя часть подаваемого в трубу газа вытекает через отверстие диафрагмы заметно охлажденной, а вытекающая через дроссель - подогретой.

Гипотеза взаимодействия вихрей А.П. Меркулова позволяет оценить предельные возможности вихревого эффекта в предположении, что в сопловом сечении полностью завершился энергообмен между вихрями [1].

Используя законы распределения скоростей по радиусу для свободного и вынужденного вихрей, условия механического равновесия газа, изоэнтропного распределения статической температуры по радиусу вынужденного вихря, механической и тепловой сопряжённости вихрей, можно получить выражения для распределения параметров по радиусу соплового сечения, а при заданной геометрии - определить среднеинтегральную температуру холодного и горячего потоков вихревой трубы как функцию от основных параметров ВТ. Для относительной температуры холодного и горячего потоков ВТ эти зависимости таковы:

$\theta_x = \theta(\pi, \mu, F, d_{вт})$; $\theta_г = \theta(\pi, \mu, F, d_{вт})$

Так как основой энергоразделения в вихревом потоке является необратимый турбулентный перенос, то энергетическая эффективность этого процесса довольно низка и определяется как: $\eta = \Delta T_x / \Delta T_s$

Наибольшие значения адиабатной эффективности ВТ достигают η = 0,23…0,34.

Ниже приведены конкретные примеры реализации вихревых технологий.

ВИХРЕВАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА (ВВЭУ).

ВВЭУ обеспечивает преобразование низкопотенциальных воздушных потоков (ветра) и термоиндуцированных восходящих потоков в электрическую энергию.

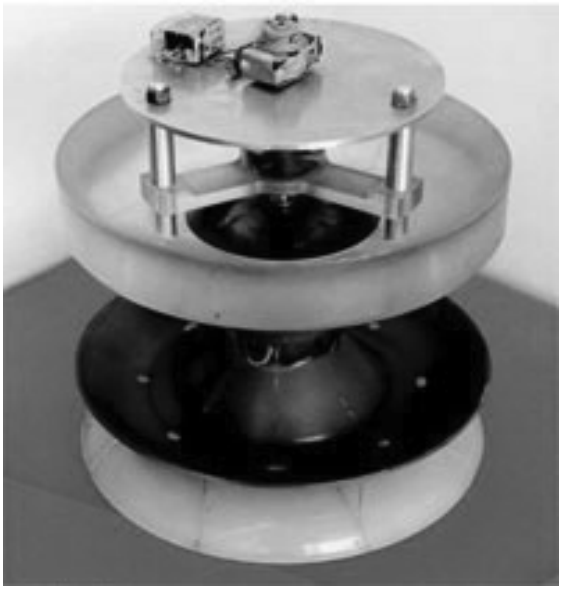

Рис.2 ВВЭУ

Технические параметры ВВЭУ:

- рабочая скорость ветра - от 4-5 м/с;
- "ротор-генератор" исключает вал и лопастное колесо, нет системы «установка на ветер» (рисунок 2);
- конструкция установки предполагает её модульное исполнение из идентичных функциональных модулей (рисунок 3);
- простейшая автоматика - стабилизация оборотов ротора осуществляется только за счет изменения ширины сопла воздухозаборника установки. ВВЭУ предназначена для локального обеспечения электроэнергией промышленных и сельскохозяйственных объектов, удаленных от централизованного энергоснабжения. По данной технологии: полностью выполнен этап НИИР, этап НИОКР - на (20-30)%. Технология защищена 5-ю Патентами РФ.

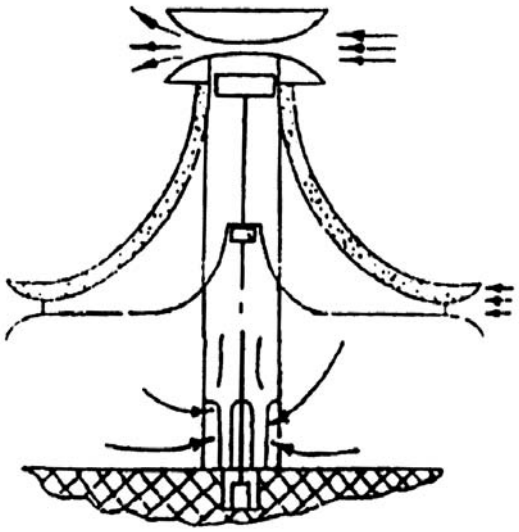

Рис.3 конструкция установки ВВЭУ

№	ВЭУ	Параметры ветроустановок														
		Технические параметры												Показатели качества срок службы/Vb прел, м/с	СТОИМОСТЬ, долл. США	Масса, кг
		N_{hom}. кВт	$V_{вет.}$, м/с min	$V_{вет.}$, м/с nom	$V_{вет.}$, м/с max	N_{min}/V_{min} КВт/ м/с	Др, м	n лоп	n, об/ мин	F_{om}	Z	ζ	M			
1	Шексна-1	0,5	4	8	30	0,1/4,0	2,8	2	300			0.22	0.056	25/40	2700	175
2	ВЭС-0,5	0,5	3,5	12	30	0,06/5	1,66	3	300	2 2		0.22	0,095	25/40	1000	150
3	LMW-600	0,6	4	12	22	0,05/4	2 2	2	650	3,8	6,23	0,2	0,033	25/60	6283	120
4	УВЭ-500	0,5	5	10	25	0,08/5	2,2	3	300	3.8	3.45	0,21	0,074	25/40	1250	70
5	TORNADO	0,5	3,6	11	25	0,05/5	2,0	2	600	3,14	5,7	0,24	0,042	25/45	3750	120
6	ВЭУ-0,5	0,5		6	40	0,05/3,0	3,6	1	650	10,2	20,4	0,28	0.026	25/50	1500	85
7	ВВЭУ-0,5	0,5		5	60	0,08/3,0	1,7	2	175	2,0	2,0	0,26	0,16	25/70	900	90

Таблица 1 - Параметры современных ветроустановок мощностью 0.5 кВт.

ВИХРЕВОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР (ВГТ).

Вихревой гидравлический теплогенератор - это одно из направлений в решении задачи обеспечения потребностей населения, промышленности и сельского хозяйства тепловой энергией, особенно в регионах, удаленных от централизованных энергосетей. ВГТ - устройство, вырабатывающее тепло посредством изменения физико-механических параметров жидкостной среды при её течении под комплексным воздействием ускоренного и заторможенного движения. Ускорение потока достигается путем создания вихря в системах закрутки потока вихревого теплогенератора с одновременным сужением потока в конфузоре, а торможение - последующим его расширением в кавитационной трубе теплогенератора и развихрением потока на выходе из кавитационной трубы.

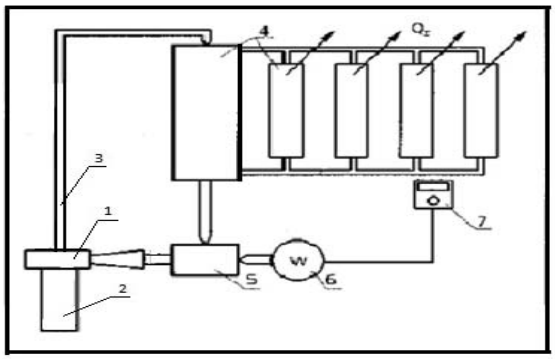

Рис.4 Схема децентрализованной системы теплоснабжения на базе ВГТ

Система теплоснабжения на базе ВГТ (рисунки 4,5) содержит систему закрутки потока 1, кавитационную трубу 2, развихритель 3, теплопередающие устройства (теплообменник, батареи, калориферы и т.п.) 4, гидронасос 5, с электродвигателем 6 и пульт управления работой теплогенератора 7.

Особенности вихревых гидравлических теплогенераторов:

- устройство экологически чистое, отсутствует необходимость сжигания углеводородных топлив (уголь, нефть, газ),
- отсутствуют нагревательные элементы,
- электроэнергия используется только для питания привода гидронасоса,
- отсутствует необходимость в водоподготовке,
- могут нагревать жидкость любого происхождения (вода, нефть, газовый конденсат...),
- обеспечивают автоматическое поддержание температуры теплоносителя в заданном диапазоне температур,
- экономичны в эксплуатации и обслуживании.

Рис.5 Кавитатор ВГТ.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ВИХРЕВОЙ ЭЖЕКТОРНЫЙ НАСАДОК

В основе работы устройства (Рисунок 6) - реализация особенностей закрученного потока выхлопных газов в аэродинамическом концентраторе.

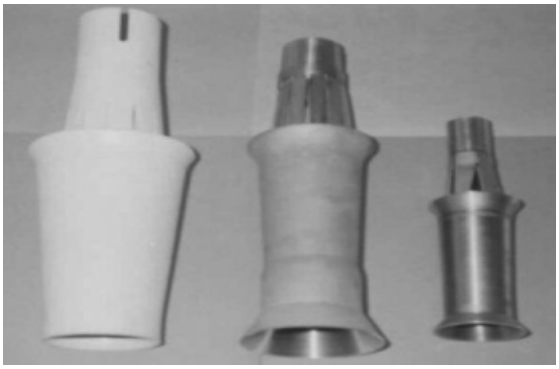

Рис.6 Вихревые эжекторные насадки.

Устройство устанавливается на выхлопную трубу автомобиля и обеспечивает более полное сгорание углеводородного топлива в цилиндрах ДВС.

Устройство обеспечивает:

- - увеличение эффективной мощности двигателя на 6-10%.
- снижение часового расхода топлива на 5-10%.
- - снижение процентного содержания СО на 10-30% и СН - на 10-20%.

Установка вихревых насадок на автотракторную и сельскохозяйственную технику, использующих бензин и дизельное топливо, позволяет уменьшить расход этого топлива и снизить загрязнение окружающей среды выхлопными газами.

ВИХРЕВЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ (ВСО).

Основным элементом ВСО является вихревая труба. Это устройство, в котором реализуется «вихревой эффект», т.е. происходит разделение потока газа на высоко- и низкотемпературные компоненты (рисунок 7).

Рис.7 Вихревой микрохолодильник.

Представленный на рисунке 7 вихревой микрохолодильник имеет следующие характеристики:

- рабочее давление воздуха, 10 атм.;
- температура холодного воздуха, 55°С;
- расход воздуха, 40 л/мин; -
габариты, 18х50 мм;
- масса, 0,15 кг.

Использование вихревого холодильника наиболее предпочтительно для создания устройств охлаждения до температуры порядка -50°С.

Вихревой холодильник, отличаясь исключительной простотой конструкции и надежностью в работе, может функционировать при относительно небольшом расходе и давлении газа, иметь малые габариты. Питается вихревой холодильник от источника сжатого газа или от набегающего потока, в случае его установки на движущемся объекте, т.е. в нем отсутствует фреон и другие озоноразрушающие вещества (рисунок. 8).

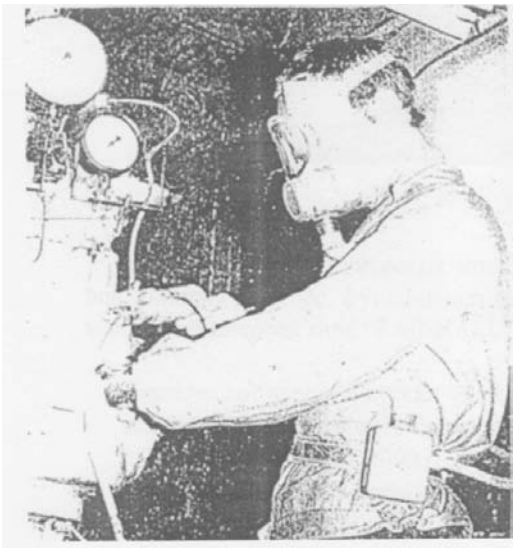

Рис.8 Индивидуальный вихревой кондиционер

Данное устройство имеет следующие технические характеристики:

- расход воздуха, до 1,8 м^3/мин;
- давление воздуха на входе, МПа 0,3...0,6;
- выход холодного воздуха, м^3/мин до 0,9;
- диапазон температуры выходящего потока воздуха, К276.. .303;
- габариты, 80х 120х200 мм;
- масса, 0.35 кг.

© Бирюк В.В., Горяинов С.Б., Угланов Д.А.

Вихревые холодильники могут представлять интерес для фермеров, рыболовецких организаций, овощехранилищ и др. Особый интерес воздушное охлаждение привлекает тем, что здесь можно управлять уровнем влажности воздуха, что позволяет снизить потери массы и обеспечить длительное хранение продуктов. Поддержание высокой относительной влажности особенно нужно при хранении зелени и листовых овощей.

ВИХРЕВЫЕ МОЮЩИЕ УСТАНОВКИ

На базе вихревых устройств разработан принципиально новый "вихревой" способ очистки и мойки плоских и слабо искривлённых поверхностей [42,43].Основным принципом работы вихревой моющей установки является создание кругового движения воздуха над участком поверхности, покрытой вихревой моющей головкой, имеющей быстровращающуюся щетку-активатор. За счет создаваемого в магистрали вакуума, вместе с продуктами мойки интенсивно удаляются и летучие составляющие, обеспечивая чистоту атмосферы на участке мойки. Вакуум обеспечивает также необходимое прижатие моющей головки к обрабатываемой поверхности: для обработки любой поверхности необходимо только перемещать моющую головку по обрабатываемой поверхности, что значительно упрощает процесс очистки.

Основным рабочим органом вихревой моющей установки является вихревая моющая головка (рисунок 9) имеющая опрокинутый тарельчатый корпус, снабженный по периферии щеточным венцом и тангенциальными соплами. Внутренняя часть головки через центральный патрубок соединена гибким шлангом с системой вакуумирования, внутри шланга пропущена трубка подачи моющей жидкости. Во внутренней полости моющей головки имеется вращающаяся щетка-активатор

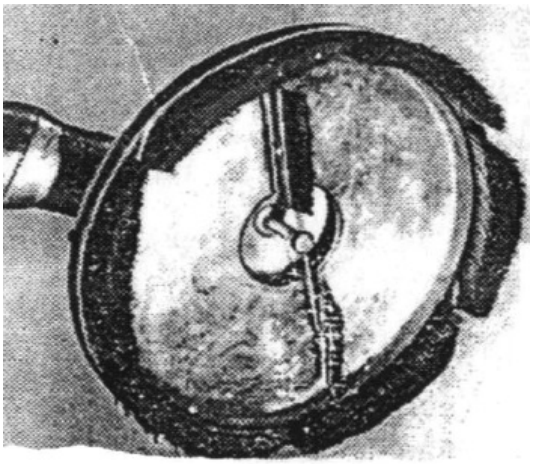

Рис.9 Вихревая моющая головка ВМУ.

На базе технологий вихревых моющих установок разработан отечественный вихревой моющий пылесос, функционально не уступающий лучшим зарубежным образцам моющих пылесосов типа "RAINBALL"

ВИХРЕВОЙ ВАКУУМ-НАСОС (ВВН).

В этом устройстве используется ещё одно свойство вихревой трубы - способность создавать в приосевой области закрученного потока зону пониженною давления. Особенности ВВН:

- способность создавать высокие разряжения в вакуумированных объёмах, недоступные для обычных одноступенчатых струйных эжекторов,
- всережимность.(в отличие от струйного эжектора, он не требует изменения геометрической формы сопла и других элементов при работе в широком диапазоне давлений сжатого газа и степеней повышения давления вакуумируемой среды).

Технические характеристики ВВН, представленного на рисунке 10:

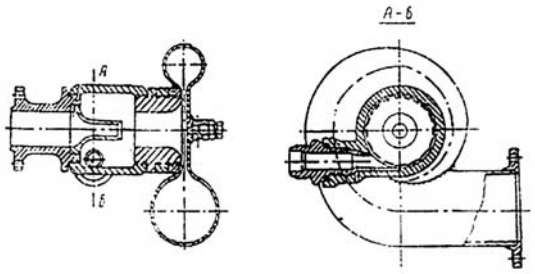

Рис.10 Вихревой вакуум насос

габариты D=250mm, L=120mm; создаваемое разряжение 0,02..0,1 МПа; давление сжатого воздуха на входе до 4,0 МПа; коэффициент эжекции 0,1…0,3; расход сжатого воздуха до 2,0 куб.м/мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия развития мировой экономики на ближайшие 50 лет предполагает, что уже в 2020 году 20% электроэнергии будет вырабатываться с использованием возобновляемой и альтернативной энергии (ВИА и АЗ), а в 2040 году - уже 50%.При этом, к концу XXI века доля ВИЗ и АЗ составит более 85%[2]. Сейчас на долю ВИЗ и АЗ приходится только 2,2% от всей потребляемой в мире энергии.

Вихревая энергетика только начинает развиваться и сейчас сложно оценить её вклад в общий баланс ВИЗ и АЗ, но если посмотреть на ориентиры и прогнозы развития ВИЗ и АЗ, представленные на семинаре «Экономические проблемы энергетического комплекса», проводимом РАН и «Институтом народнохозяйственного прогнозирования»[2], то они обнадёживают:

Ориентиры развития ВИЭ и АЭ до 2015.

- Использование энергии окружающей среды: тепловые насосы, вихревые охладители, гравитационный вакуумный насос с вихревым эжектором атмосферного воздуха вихревые гидравлические теплогенераторы.
- Циклическая энергетика: системы управлении энергопотоками, аккумуляторы тепла, пневмоаккумуляторы (в том числе вихревые вакуум— насосы), ветряные станции (в том числе ВВЭУ).
- Водородная энергетика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меркулов А.П., Вихревой эффект и его применение в технике, М. Машиностроение,1969г.,182с.
2. Серебряков Р.А., Бирюк В.В., Практическое применение вихревого эффекта, ж. Конверсия, №10,1994г., с.19÷20.

© Бирюк В.В., Горяинов С.Б., Угланов Д.А.