

Труды NDI
Выпуск 1



**ПУТИ И СРЕДСТВА ДОСТИЖЕНИЯ
СБАЛАНСИРОВАННОГО ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
РАЗВИТИЯ В НЕФТЯНЫХ РЕГИОНАХ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Вихревое движение жидкости/газа широко распространено в природе и используется во многих технологиях (энергетике, металлургии, химической промышленности и других). Вихревые технологии основаны на применении вихревой камеры, например, циклон-пылеуловитель. Она, как правило, представляет собой объем, ограниченный поверхностью вращения. По периферии камеры вводится газ, обладающий тангенциальной скоростью, который выходит через центральное отверстие в торцевой крышке. В этом случае в объеме возникает вихрь, аналогичный атмосферному. Вихревые камеры используются для пылеулавливания, сепарации жидкостей и жидкости от газа, управления процессами теплообмена и химическими реакциями, сушки дисперсных материалов, сжигания топлива, обезвреживания промышленных или бытовых отходов и т.д.

Вращающийся поток позволяет интенсифицировать технологические процессы, иногда увеличивая удельную производительность на 1-2 порядка), а также объединить в одном аппарате несколько процессов. Например, созданные в Новосибирске центробежно-барботажные аппараты для очистки газов от пыли и доочистки вентиляционных выбросов за счет увеличения в 5-10 раз поверхности контакта фаз и коэффициентов теплообмена по сравнению с обычными барботажными позволяют во столько же раз уменьшить габариты и металлоемкость оборудования.

В Институте криосферы Земли СО РАН ведутся исследования по аэродинамике и гидродинамике вихревых камер и изучаются процессы в них. Измеряются профили скорости и давления при вариации

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

В.П. Мельников, И.И. Смутьский

гидродинамических параметров, решены уравнения движения жидкости; разработаны модели течения сжимаемого газа и движения взвешенных частиц; рассмотрены процессы сепарации, вращающиеся слои частиц в вихревых камерах, образование воронок при стоке жидкости из резервуара. Эти работы позволили по-новому подойти к атмосферным вихрям, в результате чего раскрыт механизм их образования, в частности, механизм образования смерчей [1].

Прямым выходом выполненных исследований являются методики расчета и компьютерные программы. Нами разработан ряд компьютерных программ для расчета аэродинамики и процессов в вихревых камерах (рис.1).

В табл.1 показано, что рассчитанные нами степени очистки удовлетворительно согласуются с измеренными для различных циклонов.

Разработанные методы позволяют наметить новую стратегию решения практических задач: для каждого конкретного процесса создавать аппарат с оптимальными характеристиками. Например, в слу-

чае циклона пыле- или каплеуловителя для заданного расхода газа и концентрации взвеси на входе и выходе будет создан аппарат, сопоставление которого наименьшее.

В процессе исследований был получен ряд технических решений для новых вихревых аппаратов. Основановимся на некоторых из них.

В антициклонном вихревом пылеуловителе (рис.2) в отличие от циклонного вращающийся поток движется на периферию. Поэтому радиальная составляющая аэродинамической силы не препятствует отделению частиц. Испытания показали, что мелкие частицы антициклон ловит в пять раз лучше, чем циклон. Представленный на рис.2 аппарат предназначался для отделения мелкодисперсного масляного тумана от сжатого воздуха. Был также разработан антициклон (расходом 17000 куб.м/час) для очистки воздуха от пыли. На основе антициклона совместно с Институтом сверхтвердых материалов (г.Киев) был создан классификатор частиц.

Лучшие по сравнению с циклоном сепарационные свойства имеет прямоточный вихревой сепара-

Таблица 1. Сравнение расчетных эффективностей очистки с экспериментальными для циклона ЦН-15

Параметры	Значения параметров в разных вариантах									
	2120	2400	2800	2470	2470	608	11304	11304	6500	
Объемный расход газов, куб.м/ч	2120	2400	2800	2470	2470	608	11304	11304	6500	
Диаметр циклона, м	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	1	1	0,8	
Плотность частиц, кг/куб.м	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2200	2300	2650	
Медианный диаметр, мкм	30	30	30	20	10	8	35,8	19,1	10	
Десятичный логарифм дисперсии	0,519	0,519	0,519	0,525	0,561	0,287	0,312	0,46	0,561	
Расчетная степень очистки	95,3	95,7	96,3	91,7	78,5	86,7	98,8	84	71	
Экспериментальная степень очистки, %	95,6	96	96,4	86,1	79,5	74	97,3	86,2	72,5	
Литературный источник	121	121	121	121	121	131	141	141	151	

тор (рис.3). Он тоже может быть использован для улавливания мелких частиц. Мы применяли вихревые аппараты для работы с многофазными потоками и для других целей: например, генераторы пыли и форсунки - для создания мелкодисперсных газовых потоков, смесители - для смешения твердых частиц с жидким потоком.

Разнообразное применение находят вращающиеся слои частиц в вихревой камере. На рис.4 показано использование вращающегося слоя абразивных частиц для очистки внутренней поверхности труб. По сравнению с аналогичными способами здесь значительно уменьшаются расходы воздуха и абразива. Возможно применение вращающегося слоя для абразивной очистки наружной поверхности труб, прутков и других длинномерных изделий.

Разработана вихревая установка для плазменной переработки металлургических шламов (рис.5). Через вращающийся слой шлама продувается доменный газ. В центре находится электрическая плазма. Восстановленные частицы металла уносятся из камеры и на выходе осаждаются на холодную подложку.

На основе вращающихся слоев созданы вихревые генераторы пены (рис.6). Через слой пенообразующей жидкости продувается воздух, и на выходе слоя образуется пена. Удельная производительность таких аппаратов на один-два порядка превышает производительность традиционных генераторов пены. Здесь имеется возможность примешивать в пену твердые частицы.

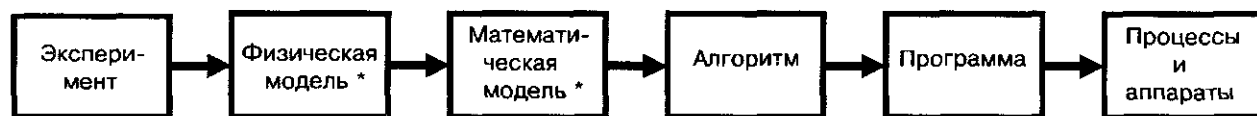
Вращающиеся слои также могут быть применены для экологи-

ческих целей нефтегазового комплекса. Можно создать установку, аналогичную установке по плазменной переработке металлургических шламов, в которой бы подсушивались буровые шламы. Через вращающийся слой бурового шлама (рис.5) будет продуваться воздух, а в центре источником тепла может служить имеющийся на буровой попутный газ, конденсат, или некондиционное топливо.

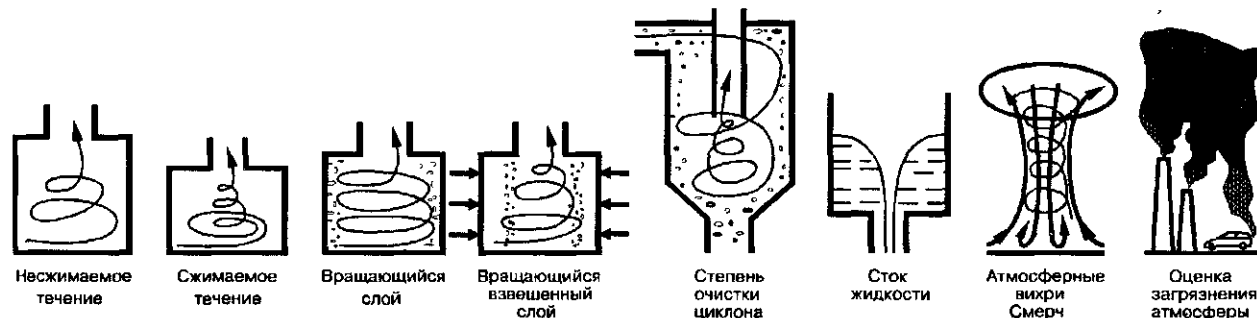
Во вращающемся слое можно более эффективно обезвреживать сильнозамазанные воды. Под действием центробежных сил органическая фракция всплывает к центру и может быть выжжена без дополнительного расхода топлива. Очищенная и отсепарированная от взвешенных частиц вода будет выводиться по периферии аппарата.

Вихревые сепараторы могут

Метод



Явления и процессы



Программы



Область применения

Расчет аэродинамики и сопротивления вихревых аппаратов	Охлаждение устьев скважин, понижение температур мерзлых оснований	Очистка трубопроводов Обезвреживание нефтесодержащих вод, обезвоживание буровых шламов, совершенствование технологий бурения	Экологические камеры сгорания, топки Обезвоживание буровых шламов, совершенствование технологий бурения	Отделение конденсата от газа, дегазация нефти и воды, очистка буровых растворов	Перекачка нефти из цистерн, резервуаров и емкостей	Предсказание и предотвращение смерча Эволюция криосферы и атмосферные вихри	Управление качеством атмосферы города
--	---	---	--	---	--	--	---------------------------------------

Рис.1. Моделирование вихревых процессов

* - по настоянию автора оставлена терминология, отличная от общепринятой. Физической моделью он называет концептуальную модель или физические представления, под математической моделью подразумевает лишь формулировку задач в виде уравнений и условий

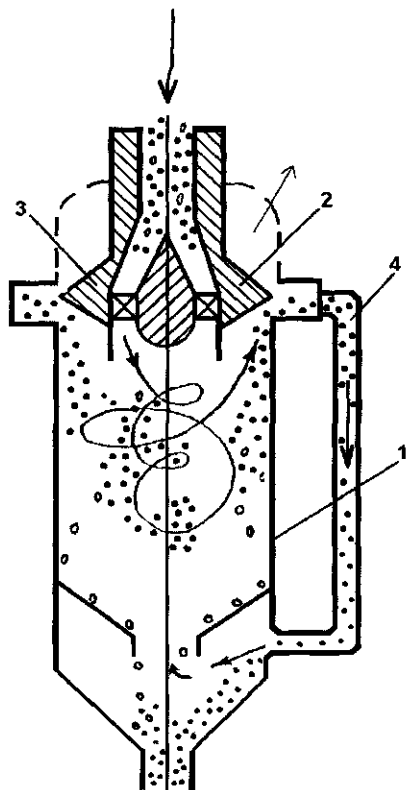


Рис.2. Антициклонный вихревой газоочиститель [6]: 1 - корпус; 2 - обтекатель; 3 - завихритель; 4 - трубопровод для отсоса мелких частиц из очистителя в бункер.

быть использованы и для разделения нефти и воды. Этот процесс более производительный по сравнению с гравитационным отстаиванием, что особенно важно в аварийных ситуациях при сборе разлитой нефти с поверхности воды.

Процессы сепарации, применяемые в нефтегазовом комплексе, основаны на циклонах и гидроциклонах, причем применяются циклоны стандартных типов и размеров, которые, как правило, не соответствуют конкретным условиям. Используя предложенную нами программу, можно создать циклон, в точности соответствующий рабочим условиям. Иногда для этого достаточно модернизировать существующий циклон. В отдельных случаях имеет смысл использовать антициклоны, степень очистки которых выше.

В вихревой камере температура газа к центру падает, поэтому из нее можно вывести горячий поток и холодный. Холодный поток с температурой -5°C или -10°C может быть использован в летнее вре-

мя для понижения температуры мерзлых оснований, предотвращения их растепления и т.д. Ввиду простоты этого устройства оно может быть весьма мобильно и им можно обслуживать несколько точек.

Если такое вихревое устройство поставить внутри газодобывающей скважины и охлажденный газ пустить по периферии, то скважину можно предотвратить от растепления. Выполненные нами расчеты показывают, что при наличии запаса давления в добываемом газе такое решение вполне осуществимо.

Применение вращающегося слоя абразивной очистки внутренней поверхности труб интересно еще тем, что оно может выполняться непрерывно с постоянным пополнением абразивного материала. В случае, если бы можно было абразивными элементами срезать торцевую поверхность, то можно себе представить непрерывное бурение, при котором изношенный абразив непрерывно пополняется новым. А по мере увеличения длины скважины сверху только добавляются новые трубы. Мы провели эксперименты по торцевой абразивной обработке, в результате которых убедились, что этот процесс возможен.

Вращающиеся слои частиц могут быть применены для очистки забоя скважин, для их расширения и для совершенствования технологии бурения.

Вихревые устройства могут быть использованы для экологически чистой энергетики. На рис.7 представлен вертодвигатель нового типа, основанный на шнековом роторе с винтовыми лопастями. В наклонном положении ротора лопасти с одной стороны от оси становятся ребром

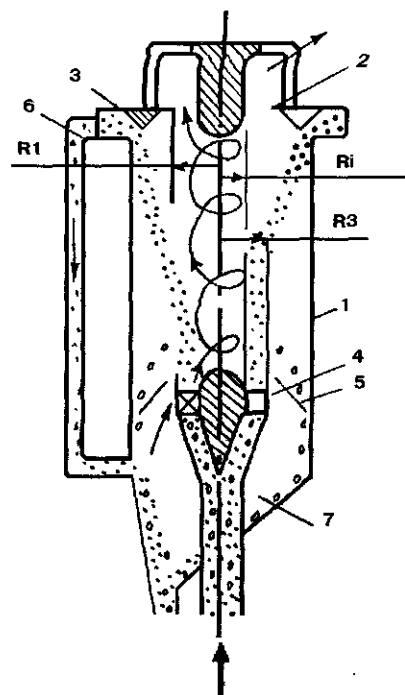


Рис.3. Прямоточный вихревой газоочиститель [7]: 1 - корпус; 2 - диафрагма с центральным отверстием; 3 - рассекатель; 4 - завихритель; 5 - конический отражатель; 6 - трубопровод для отсоса мелких частиц из очистителя 1 в бункер 7.

к ветру, а с другой нормально, за счет этого и возникает крутящий момент. Такой ветродвигатель по эффективности не уступает лучшим мировым образцам, а по надежности, прочностным характеристикам и эксплуатационным качествам будет превосходить их.

Вихревое движение можно ис-

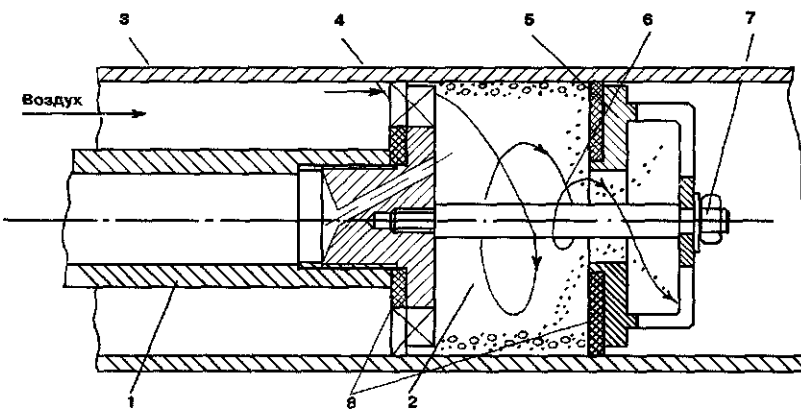
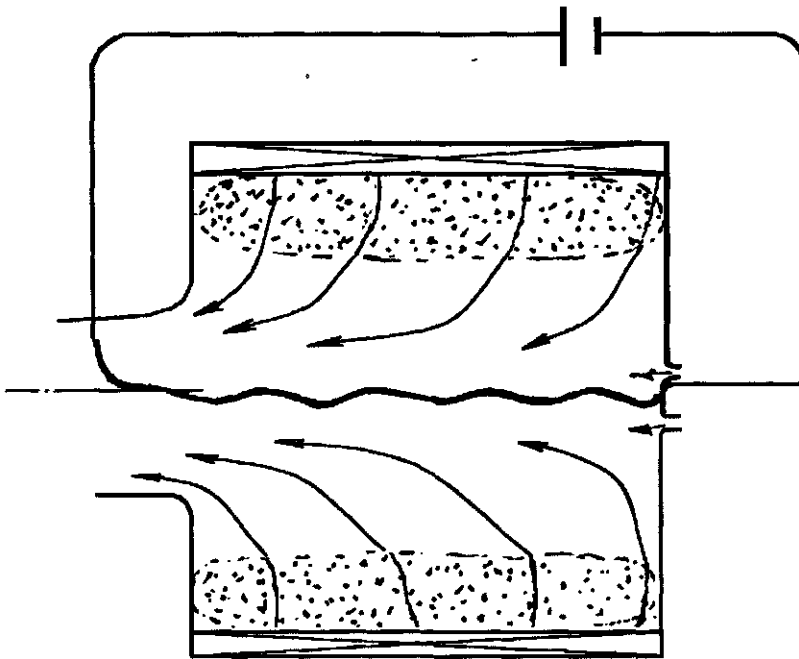


Рис.4. Вихревое устройство для очистки внутренней поверхности труб [8]: 1 - штанга; 2 - вихревая камера; 3 - очищаемая труба; 4,5 - входная и выходная торцевая крышки; 6,7 - шпилька и гайка крепления вихревой камеры; 8 - уплотнения.



Там, где есть движение среды, целесообразно его из поступательно преобразовывать во вращательное. Это позволяет интенсифицировать процесс, уменьшать габариты установок, совмещать в одном аппарате несколько операций и даже реализовывать такие процессы, которые раньше не были известны. Как правило, эти процессы имеют не только высокие экономические показатели, но и являются более экологически чистыми. Вихревые камеры могут быть использованы на всех стадиях технологического процесса, например, в теплоэнергетике: от приготовления топлива и его сжигания до очистки продуктов сгорания. Повышая технико-экономические показатели технологического процесса, они понижают его экологическую вредность. В ряде случаев, основываясь на вихревых аппаратах, можно полностью замкнуть технологический процесс и сделать его экологически чистым.

Рис.5. Плазменный реактор для переработки дисперсных материалов.

пользовать для концентрации энергии воды или воздуха. Аналогично тому, как с помощью лупы можно сконцентрировать солнечные лучи и расплавить металл, можно сконцентрировать кинетическую энергию большого объема воздуха в вихре значительно меньших размеров. В наших экспериментах было получено, что максимальная тангенциальная скорость в вихре в 45 раз превышает скорость воздуха на периферии. Понимание механизмов образования атмосферных вихрей [1] позволяет создать такой стационарный смерч, в центре которого можно установить воздушную турбину.

Особо привлекательным выглядит концентрация энергии воды с помощью вихря. Создав на реке стационарную вращающуюся воронку (рис.8), в эпицентре можно поместить электрогенератор, лопасти турбины которого будут приводиться в движение стенками воронки в том месте, где скорость их наибольшая. При этом нет необходимости в сооружении высоких плотин для обеспечения достаточного гидростатического напора воды, т.е. такая гидроэлектростанция будет экологически безопасней и экономически более выгодной. Этим способом может быть использована и энергия морских течений, и приливно-отливная энергия.

Мы рассмотрели малую часть вихревых технологий. Область их применения достаточно широка.

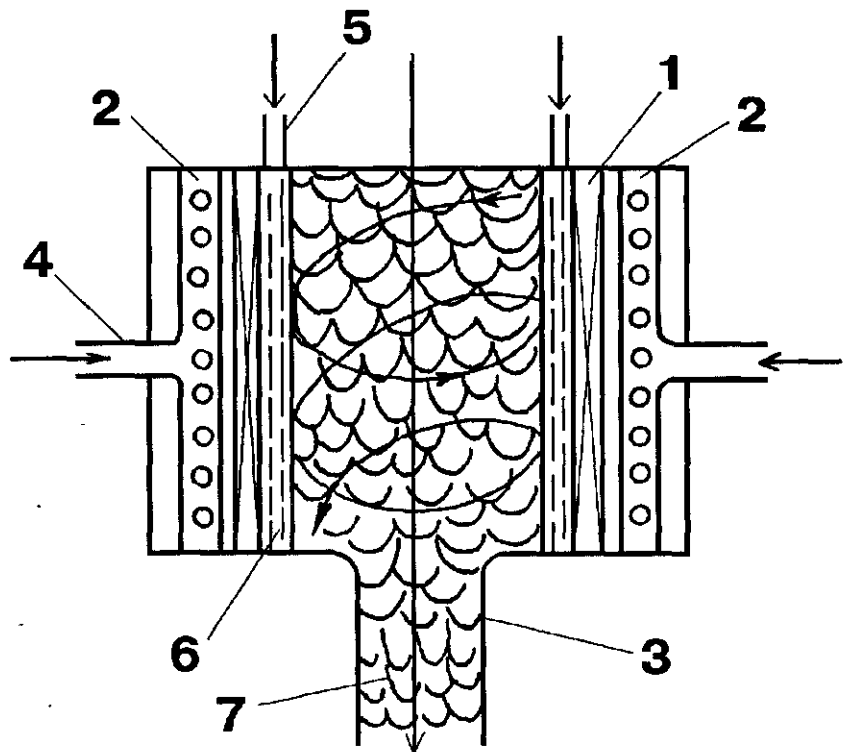


Рис.6. Вихревой генератор пены [9]: 1 - цилиндрический завихритель; 2 - коллекторы равномерного распределения воздуха; 3 - пеноотводящий патрубок; 4 - воздухоподводящие патрубки; 5 - тангенциальные патрубки подвода пенообразующей жидкости; 6 - вращающийся слой жидкости; 7 - пена.

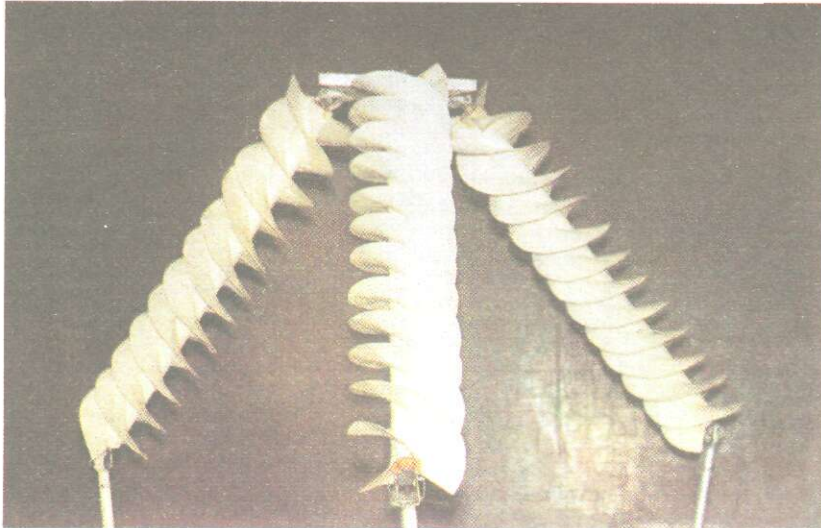


Рис.7. Макет ветроагрегата с винтовыми шнеками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смутьский И.И. *Аэродинамика и процессы в вихревых камерах.* - Новосибирск: ВО Наука, Сиб. отделение, 1992., 301 с.
2. Сажин Б.С., Гудим Л.И., Галич В.Н., Карпухович Д.Г., Смирнов Б.К. *Результаты испытания пылеуловителя со встречными закрученными потоками и циклона ЦН-15// Химическая промышленность.* - 1984. - N 10. - С.50.
3. Ведерников В.Б. *Оптимизация конструкции циклонов// Теоретические основы химической технологии.* - 1990. - N 1. - С.98-103.
4. Смутьский И.И., Быков А.П., Коротков Е.И. *Дисперсный состав золы на выходе котельных агрегатов// Промышленная теплотехника.* - 1985. - N 1. - С.54-57.
5. Сажин Б.С., Гудим Л.И. *Пылеуловители со встречными закрученными потоками// Химическая*

промышленность. - 1985. - N 8. - С.50-54.

6. А.с. 787093 СССР, МКИ В 04 С 5/08. *Вихревой газоочиститель/* В.И.Кислых, И.И.Смутьский. - БИ. Открытия. Изобретения. - 1980. - N 46.

7. А.с. 882631 СССР, МКИ В 04 С 5/30. *Вихревой пылеуловитель/* Э.П.Волчков, И.И.Смутьский, В.И.Кислых, В.И.Кореньков. - БИ. Открытия. Изобретения. - 1981. - N 43.

8. А.с. 887144 СССР, МКИ В 24 С 3/16. *Устройство для очистки внутренней поверхности труб/* И.И.Смутьский, В.И.Кореньков. - БИ. Открытия. Изобретения. - 1981. - N 41.

9. А.с. 169551 А1 СССР, МКИ А 62 С 5/02. *Способ получения воздушно-механической пены и устройство для его осуществления/* В.Н.Феклистов, И.И.Смутьский, И.Р.Шрейбер. - БИ. Открытия. Изобретения. - 1991. - N 45.

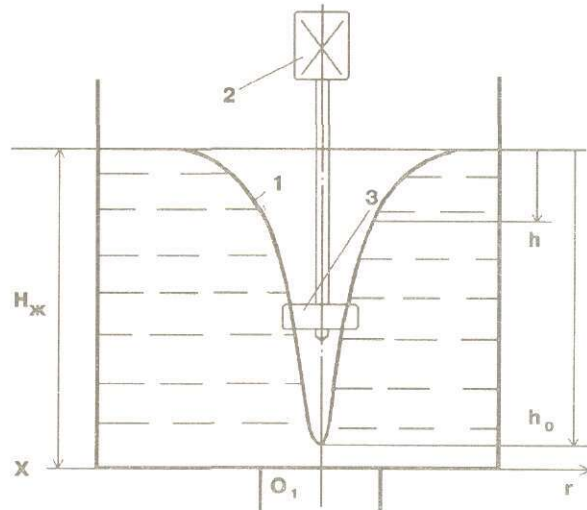


Рис.8. Концентрация энергии воды с помощью вращающейся воронки: 1 - поверхность воронки; 2 - электрогенератор; 3 - турбина.

**V.P. Melnikov, I.I. Smulsky.
Modelling vortex processes for ecological purposes.**

The sphere of application of vortex technologies is extremely wide. They can possibly be applied in heat energy (from extracting hydrocarbons to prevention of negative impact caused by extraction and elaboration of an alternative fuel industry).

Wherever it is, the gradual motion of a media has been found expedient to transform into vortex. It allows to intensify processes, to reduce equipment dimensions and to integrate several operation within a single device. As a rule these process e cost effective and environmentally friendly.

The Institute of the Earth's Cryosphere has an experience in application of vortex technologies (anti-cyclon and straightforward vortex gas purifiers, a vortex device for inside purification of pipes, vortex chambers for plasma treatment of dis materials, vortex generators of foam).