

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

Геллер С.В., Мочалин И.В., Богун О.П.

На основе рассматриваемого в статье усовершенствованного источника тепла реально создание трёх эффективных линий продукции:

- вихревого нагревателя жидкости (ВНЖ) в качестве базового универсального модуля, являющегося основой для следующих видов продукции:
- мини-котельных на основе питаемого насосом с электроприводом базового ВНЖ;
- мобильных тепловых агрегатов, используемых в установках для гидроразрыва пласта (ГРП) при нефте- и газодобыче.

ВНЖ может найти применение:

а) как нагревательный элемент без электропривода, приводимый потенциальной энергией давления магистрали холодной воды (я её называю «донором»);

б) как добавляемое в состав традиционных котлоагрегатов (действующих и проектируемых) устройство, снижающее удельный расход топлива на 8...10%;

в) как средство повышения полноты сгорания углеводородных топлив в топках котлов и камерах сгорания, а также сопутствующего снижения токсичности процессов сгорания.

Ещё классиком гидромеханики Стоксом были отмечены удивительные свойства вихрей. Наибольший вклад в развитие вихревого эффекта в СССР внес профессор Куйбышевского авиационного института А. Меркулов. Созданная им в конце 50-х Отраслевая научно-исследовательская лаборатория №9 тепловых двигателей и холодильных машин Минавиапрома провела огромный объем исследований вихревого эффекта. Неслучайно именно в Куйбышев в начале 1960х обратились американцы, интересовавшиеся природой разрушительных торнадо. Они попросили помощи в проектировании для Принстонского университета установки, работающей на основе вихревого эффекта. Меркулову принадлежит приоритет и в открытии вихревого нагревателя жидкости (ВНЖ). До

Меркулова никто не пытался нагнетать в "вихревую трубу" жидкость. Когда же ученый проделал это, был достигнут неожиданный результат: вода быстро нагревалась. Объяснить эффективный нагрев Меркулов не смог, да и энергоресурсы в те годы особо не считали, поэтому открытие не получило развития.

Только в 90-х годах прошлого века появились первые конструкции гидродинамических генераторов тепла, работающих на основе вихревого эффекта и кавитации. В настоящее время в России ВНЖ производятся рядом фирм из Московского региона, Ижевска, Твери, Пензы, Новосибирска и Перми. ВНЖ отличаются высокой эффективностью – отношением производимой теплоты к потребляемой на их привод энергии. Их использование выгодно при строительстве электрифицированных объектов, прокладка газовых коммуникаций и труб ТЭЦ к которым невозможна или не экономична (а также и в других областях, если будет прекращено искусственное занижение цены газа, идущего на отопление в России).

КПД ВНЖ может быть весьма высоким, поскольку “потери” электрической энергии в насосе полностью идут на нагрев рабочего тела. По заключению Ракетно-космической корпорации «Энергия» №77-6/33 от 01.12.1994г., ВНЖ имеет средний условный коэффициент преобразования энергии на 23% выше по сравнению с электродными теплогенераторами и на 42% выше по сравнению с ТЭНовыми. С помощью ВНЖ можно нагревать практически любые жидкости, в то время как ТЭНы весьма требовательны к качеству подогреваемой воды. Гидродинамические нагреватели безопаснее в эксплуатации.

Стоит упомянуть факторы дискредитации ВНЖ. Так, аппараты скандально известного «академика» Потапова якобы выдавали «сверхъединичную» тепловую энергию на основании “холодного термоядерного синтеза”, а затем торсионных полей и энергии «физического вакуума»... По мере практической проверки спекуляции развенчивались (например, в МЭИ в 2002-м году), что вынуждало обновлять псевдонаучные прикрытия (<http://www.energy-saving-technology.com/page-ru/blask-bill/black-list-ru.html>).

На другом полюсе дискредитации находятся «эксперты - теоретики», лишённые своего интереса и оттого огульно критикующие ВНЖ из-за нежелания вникать в суть структурирования рабочего тела. Самую малочисленную

категорию причастных к ВНЖ лиц составляют собственно конструкторы и изобретатели, пытающиеся внедрить прогрессивную энергосберегающую технологию не только в условиях отсутствия государственной поддержки (зачем Чубайсу ВНЖ?), но и лавирования между Сциллой (недобросовестная конкуренция разного рода потаповых) и Харибдой (рецензенты-перестраховщики)...

Известно три основных типа ВНЖ:

- статические тангенциальные
- статические аксиальные
- динамические.

К статическим относятся ВНЖ, не содержащие подвижных деталей. Разновидности их различаются по характеру ввода потока в рабочую камеру.

К динамическим относятся ВНЖ, в которых структурирование рабочего тела производят роторы.

Элементами статического ВНЖ служат завихритель, вихревая камера с выходным патрубком и тормозное устройство. Завихритель тангенциально подводит поток холодной воды из насоса на периферию цилиндрической вихревой камеры. В камере поток закручивается и движется к осевому выходному патрубку, перед которым тормозится специальным устройством. В процессе вихревого движения и торможения жидкость структурируется и нагревается. Еще проще конструкция статического аксиального ВНЖ. ВНЖ статического типа имеют низкую себестоимость и надёжность в работе.

В ВНЖ третьей группы – динамических – на рабочее тело воздействуют роторы, кинематически связанные с источником крутящего момента. Динамические ВНЖ обеспечивают значительно большую эффективность, чем статические. Авторская гидроимпульсная разновидность ВНЖ турбинного типа, о которой будет сказано ниже, представляет собой смешанный тип нагревателя, сочетающий преимущества статических и динамических ВНЖ.

То, что механическое воздействие на жидкость в замкнутом объеме приводит к ее нагреву, установили ещё великий Джеймс П. Джоуль (1818-1889) и его современник немецкий физик Роберт Майер, определившие механический

эквивалент теплоты (это сыграло большую роль обосновании закона сохранения и превращения энергии).

Но только в наше время установлено, что в тепло может быть превращена не только механическая работа привода, но и внутренняя энергия жидкости (на основе использования свойств жидкости, проявляющихся при особых условиях её взаимодействия с поверхностями твердых тел, а также между внутренними слоями жидкости - в режиме кавитации).

При таких режимах температура воды на выходе ВНЖ может не соответствовать энергии привода на нагревание воды, что неоднократно фиксировалось разными исследователями (<http://www.jurle.com/>). Причиной этого явления назывались:

- систематические ошибки в показаниях теплосчетчиков ввиду неоднородности рабочего тела (высокая турбулентность, паро-жидкостные потоки).
- протекание химических реакций и физических процессов на молекулярном уровне, связанных с выделением тепла.

Последняя гипотеза представляется наиболее убедительной в рамках теории структурирования жидкости, разработанной киевским профессором И.М. Федоткиным. Поэтому рабочий процесс ВНЖ описан далее именно на основе этой теории, согласно которой физические свойства жидкости могут обратимо изменяться в результате структурирования.

Значения относительной статической диэлектрической проницаемости ϵ , теплоемкости C , других показателей структурированной воды могут существенно отличаться от справочных значений (для обычной воды). Причиной этих отличий служат кавитационные явления. Развитая кавитация в рабочем теле (в каждом кубическом миллилитре жидкости содержится до 10^5 кавитационных каверн со средним диаметром около 10 мкм) создаёт обширные поверхности раздела фаз. Диэлектрическая проницаемость ϵ воды в тонкой пленке или в капле значительно меньше проницаемости воды в свободном объеме. При уменьшении толщины d плоского слоя воды от 40 до 10 мкм, ее относительная диэлектрическая проницаемость монотонно убывает от номинального значения $\epsilon = 81$ до значения $\epsilon = 10 \pm 3$, т.е. уменьшается почти на порядок.

Высокая величина статической диэлектрической проницаемости неструктурированной воды связана с высокими значениями дипольных моментов кластеров $(\text{H}_2\text{O})_n$. Уменьшение диэлектрической проницаемости воды в тонком слое изменяет ориентационную восприимчивость молекул и вызывает квази-замораживание кластеров в приповерхностных областях.

Толщина поверхностного слоя воды, в котором частично сохраняется дальний порядок молекул, составляет $\cong 0,5d_0$ (20 мкм), а толщина частично упорядоченного поверхностного слоя капли воды $\cong 0,5D_0$ (30 мкм). Эффективные толщины поверхностных слоев для плоской поверхности и капли составляют ок. 11 мкм и 16 мкм соответственно. При убывании d и D , значение диэлектрической проницаемости воды в пределе стремится к величине ϵ_{\min} , близкой к диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\text{л}}$ льда в его наиболее распространенной кристаллической модификации I: $\epsilon_{\min} \cong \epsilon_{\text{л}}$.

При $d < d_0$, $D < D_0$ удельная теплоемкость $C_{\text{в}}$, может приближаться к параметрам твердой фазы. Т.к. удельная теплоемкость воды в 2 раза превышает удельную теплоемкость льда, изменение теплоемкости воды при переходе из жидкого состояния L_1 в структурированное, подобное льду состояние L_2 , сопровождается избыточным тепловыделением $Q_{\text{изб}}$:

$$L_1 \rightarrow L_2 + Q_{\text{изб}} \quad (1)$$

Количество тепла, выделяющееся при структурировании рабочего тела, зависит от теплоты фазового перехода и мощности, рассеиваемой в воде при ее структурировании:

$$Q = Q_{\text{изб}} + \Delta Q, \quad (2)$$

где $Q_{\text{изб}}$ – теплота перехода $L_1 \rightarrow L_2$, а ΔQ – теплота, полученная рабочим телом в результате диссипации в рабочем теле механической энергии насоса (активатора).

Количество тепла $Q_{\text{изб}}$, выделяющегося в воде при высвобождении ее внутренней энергии, можно получить, учитывая интенсивность кавитации, степень различия между собой молярных теплоемкостей воды в свободном и структурированном состояниях, начальную температуру воды:

$$Q_{\text{изб}} = k_1 m / \mu (C_{\text{в1}} - C_{\text{в2}}) (T_1 - T_{\text{пл}}) \quad (3)$$

где:

$C_{в1}$ и $C_{в2}$ – удельные теплоемкости при постоянном давлении свободной воды L_1 и кавитирующей воды в фазе L_2 , соответственно.

$C_{в2}$ можно представить в виде $C_{в2} = k_2 C_{л}$, где:

k_2 ($1 \leq k_2 < 2$) – константа, характеризующая степень отличия теплоемкости

$C_{в2}$ структурированной воды (фаза L_2) от теплоемкости льда $C_{л}$;

k_1 – коэффициент структурирования воды, вызванного кавитацией (массовая парциальная доля частично упорядоченной фазы V_2 в активированной воде), $k_1 = m_{в2} / (m_{в1} + m_{в2})$, $0 < k_1 \leq 1$;

m – масса структурированной воды;

T_1 и $T_{пл}$ – температура воды, поступающей в ВНЖ, и точка плавления льда, соответственно;

$\mu = 18,015$ – молярная масса воды.

В случае полного структурирования $k_1 = k_2 = 1$, $Q_{изб} = km (T_1 - T_{пл})$, где k – постоянная, $k \cong 2,1 \cdot 10^3$ Дж/К·кг.

$$T_2 = T_1 + Q_{изб} / (m C_{в}).$$

Описанные тепловые эффекты позволяют получить в рабочей камере ВНЖ весьма существенное дополнительное тепловыделение $Q_{изб}$.

В замкнутой схеме работы ВНЖ выделение теплоты $Q_{изб}$ происходит без изменения общего энергосодержания контура. Такая схема (ВНЖ 1, насос 2 и теплообменник 3 соединены последовательно) представлена на рис.1:

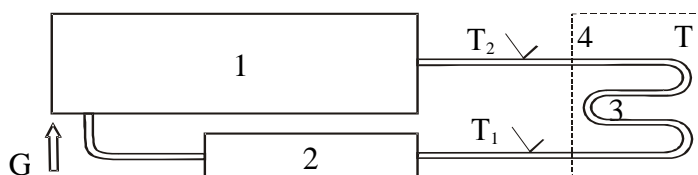


Рисунок 1

Теплопроизводительность контура за время τ определяют по перепаду температуры на теплообменнике $\Delta T = T_2 - T_1$ и расходу G воды:

$$Q = k \Delta T G \tau, \quad (4)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При этом эффективность работы ВНЖ, в пренебрежении рассеянием тепла трубопроводами и элементами 1,2 контура, оценивают отношением

$$\eta = Q / U, \quad (5)$$

где U – электроэнергия, потребляемая насосом за время τ . Оценка достоверна только в случае, когда вся вырабатываемая генератором теплота Q передается во внешнюю среду, например, потребителю.

Теплота Q представляет собой сумму двух составляющих.

$Q_{\text{изб}}$ вызвана экзотермическим превращением воды, а ΔQ получена путем преобразования электроэнергии U в эквивалентную ей теплоту.

Для достоверной оценки эффективности ВНЖ необходим калориметр 4, в котором размещен теплообменник 3 (на рис. 1 калориметр изображен пунктиром). Зная, насколько изменится температура T образцовой жидкости в резервуаре за время τ , можно определить количество тепла ΔQ , отданного теплообменником образцовой жидкости за это время, и достоверно оценить эффективность ВНЖ с помощью соотношения (5), где $\eta \leq 1$ (всегда!), поскольку $\Delta Q \leq U$.

Вначале выделяемая, а затем поглощаемая теплота не может изменить производительность генератора таким образом, чтобы его эффективность превысила единицу. Но совсем иначе обстоят дела при разомкнутой схеме работы ВНЖ(от «магистральной-донора»- трубопровода проточной воды).

В случае, если возвращать в магистраль - донор релаксирующую воду, а в ВНЖ постоянно подавать «свежую» (с неиспользованной для тепловыделения внутренней энергией), эффективность нагревательной системы заметно превысит единицу!

С учётом изложенных тенденций автором разработана принципиально новая разновидность ВНЖ с роторным активатором-турбиной, приводимой текущим рабочим телом (патентная заявка RU2005136836) - рис. 2.

Вихревые камеры в аппарате нового типа расположены на периферии первого ротора, являющегося активной гидротурбиной. Второй ротор выполнен в виде реактивной гидротурбины. Роторы вращаются в противоположном направлении. Циклически генерируются гидроудары за счёт перекрытия вторым ротором срезов части вихревых камер.

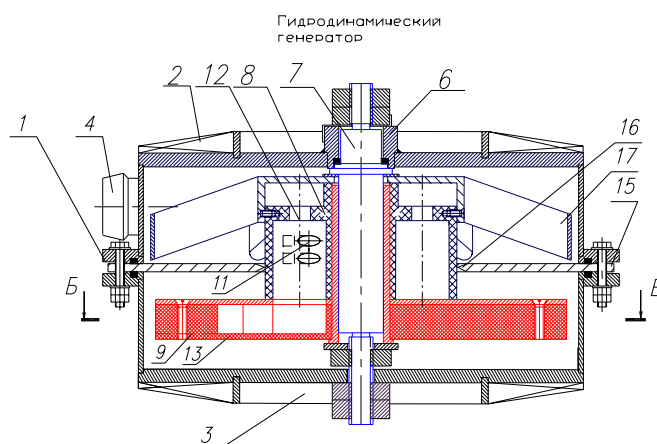


Рисунок 2

Гидроударные волны перепускаются в тыловые зоны открытых камер. Имеются также средства саморегулирования энергообмена роторов с рабочим телом, что обеспечивает большую амплитуду и широкий частотный спектр колебаний, а также высокую эффективность кавитации при малом гидравлическом сопротивлении.

Известны тепловыделяющие кавитационные аппараты (КА), которые применяются для автономного отопления и горячего водоснабжения. Нагрев рабочего тела при автономной работе начинается с начальной (сетевой) температуры, не превышающей обычно двадцати градусов Цельсия. Это влечёт большие затраты энергии и увеличивает срок окупаемости КА (как статических, так и динамических).

Здесь следует конкретизировать особенности известных типов КА, чтобы принципиальные отличия нового ВНЖ стали понятнее уважаемому читателю.

В статических КА отсутствуют подвижные конструктивные элементы [1] - [19], [21] - [26] и необходимо наличие тормозного устройства, имеющего большое гидравлическое сопротивление (например, [11] и 18). Динамические КА имеют роторные (перфорированные [20], [25], [31], [33] - [40], либо лопаточные [32]) активаторы, жёстко скрепленные с приводными валами, а также образованные полостью корпуса неподвижные рабочие камеры с входным и выходным патрубками. Среди аналогов такого рода известны средства создания автоколебаний в рабочей камере [20],[41], сходного с заявляемым устройством назначения. Например, в «Роторном гидроударном насосе - теплогенераторе» [42] совмещена зона кавитации с рабочим колесом насоса, что снижает КПД

последнего [29] и эффективность всей нагревательной системы. Это присуще и остальным подобным КА [32], [35], [38], [39].

Известны также гидродинамические генераторы волн в жидкости [27]. Известны каскадные соединения таких генераторов - последовательные и параллельные [28]. Эти аппараты не нагревают рабочее тело и не могут быть средством повышения КПД паровых котлов.

Прототипом для изобретения автора данной статьи (патентная заявка RU2005136836) выбран «Кавитационно-вихревой теплогенератор» по патенту [30], содержащий роторы, вращающиеся в противоположных направлениях, нагнетательный и выпускной патрубки прокачки рабочего тела, корпус-статор. Два перфорированных ротора размещены в расточке статора и закреплены на валах, которые установлены в уплотнительных и подшипниковых узлах с возможностью вращения в противоположных направлениях. Внутренние кольцевые выступы статора также перфорированы. Прототип имеет недостатки. Тепловыделение происходит в хаотических (турбулентных) потоках за счёт диссипации (рассеивания) энергии на местных гидравлических сопротивлениях. Обеспечение малых зазоров между роторами и статорами, большая масса и момент инерции роторов, требующих динамической балансировки, удорожает конструкцию (как и радиальные уплотнения вала с выносными подшипниковыми узлами, два электродвигателя).

Задачи изобретения – оптимальными по соотношению «цена - эффективность» средствами повысить эффективность генератора и расширить его функциональные возможности, направленные, в частности, на повышение КПД паровых котлов.

Примеры использования изобретения

1. Мини-котельная на базе Гидрогенератора

Система оснащена термодатчиками и управляющей автоматикой. Насос работает около восьми часов в сутки (номинал). За время теплоотдачи рабочего тела в радиаторах отопления, система переключается на подогрев расходуемой воды (для душевой, например). Горячая вода накапливается в термоизолированном баке. По мере расходования горячей воды, производится пополнение из сети.



Рисунок 4

2. Применение Гидрогенератора совместно с котлами.

Широко распространены котлы с принудительной подачей рабочего тела в зону парообразования. В них рабочее тело питательным насосом прокачивается через экономайзер в зону парообразования. При этом не используется впервые найденная автором возможность повысить температуру рабочего тела прямым воздействием штатного питательного насоса.

В паровом котле рабочее тело прокачивают питательным насосом через экономайзер, где тепло продуктов сгорания топлива нагревает рабочее тело до температуры не ниже 336 °К. Из экономайзера рабочее тело направляют в зону кавитационного и волнового воздействия, которую создаёт генератор. Развитая кавитация в рабочем теле влечёт обширные поверхности раздела фаз (в каждом кубическом миллилитре жидкости содержится порядка 10^5 парогазовых пузырьков со средним диаметром около 10 мкм). Время сжатия кавитационного пузырька очень мало, процесс его коллапса происходит адиабатически. Поэтому внутри пузырьков давление может повышаться до величины 10^8 Па, а температура увеличиваться до 10^4 °С [43]. Происходит высвобождение внутренней энергии рабочего тела, в результате чего последнее скачкообразно закипает [10]. При этом затраты энергии питательного насоса на генерацию кавитации и волн несопоставимо меньше, чем высвобожденная внутренняя энергия рабочего тела (в форме теплоты).

Рабочее тело прокачивается питательным насосом через генератор, в результате образуются многочисленные кавитационные каверны, схлопывание которых приводит к генерированию ультразвуковых колебаний. Это вызывает вторичную кавитацию (лавинообразный процесс с положительной обратной связью).

Подогрев питательной воды котла отходящими газами в экономайзере до температуры не ниже 336°K , последующее направление её в генератор, а из него - в зону подвода внешней теплоты, обеспечивает сверхсуммарный эффект - повышение КПД котла при несопоставимо малых затратах энергии питательного насоса на проталкивание воды через генератор.

Прямое влияние питательных насосов паровых котлов на нагрев рабочего тела не описано в патентных и литературных источниках. Т.о, новый способ неочевиден (явным образом не следует из уровня техники) и даёт большой экономический эффект, поскольку повышение КПД котлов эквивалентно снижению расхода топлива, а тепловыделение всех реализованных до сих пор автономных КА меньше, чем одного крупного промышленного котла. Хотя и известны автономные нагреватели кавитационного типа, но:

а) для динамических КА-аналогов необходим энергоёмкий привод валов роторов, а также велико гидравлическое сопротивление и мала тепловая эффективность статических КА. Поэтому аналоги непригодны для достижения заявляемого технического результата при совместной работе со штатными питательными насосами котлов;

б) заявляемое устройство производит комбинированное (кавитационно-волновое воздействие) на рабочее тело, обеспечивающее количественно больший его нагрев при равной с аналогами потребляемой мощности.

В заключение статьи хотелось бы обратить читательское внимание и на другие возможности использования изобретения, обусловленные его органическими особенностями кавитационно - волнового аппарата:

- увеличение полноты и сокращения токсичности сгорания тяжёлых фракций нефти (путём кавитационно - волновой обработки паромазутной смеси перед подачей в горелки или камеры сгорания);

- сокращение кратности прокачки рабочего тела в теплоемких производственных процессах нефтехимии на основе подачи содержащего метан

газа в кавитирующее рабочее тело (по сравнению с известными из патента RU 2262046 струйными кавитационными аппаратами.

Описанное выше может быть успешно реализовано при нахождении венчурного инвестора, ибо русскому изобретателю на государственную поддержку, увы, рассчитывать не приходится...

Литература

1. Теплогенератор и устройство для нагрева жидкости. Патент RU 2045715.
2. Теплогенератор Горлова. Заявка RU № 200110 5711/06, 2001 г.
3. Теплогенератор кавитационного типа. Заявка RU 99110396/06
4. Гидродинамический кавитационный теплогенератор. Заявка RU 99110779/06, 2001 г.
5. Теплогенератор гидравлический. Заявка RU 2000129736/06.
6. Теплогенератор и устройство для нагрева жидкости. Патент RU 2132517, 1999г.
7. Термогенерирующая установка. Патент RU 2190162, 2001 г.
8. Гидродинамический нагреватель. Заявка RU 2004 105 629 (24.02.2004г.)
9. Устройство для нагрева жидкости. Патент RU 2171435, 2000 г.
10. Фурмаков Е.Ф. Выделение тепла при изменении фазового равновесия в струе воды. В сб. «Фундаментальные проблемы естествознания», том I, РАН, СПб, 1999 г.
11. Теплогенератор и устройство для нагрева жидкости. Заявка RU 96124293106.
12. Термогенератор. Патент RU 2177591, 2000 г.
13. Патент США № 4333796, 1982 г.
14. Вихревая система отопления. Патент RU 2089795, 1997 г.
15. Установка для нагрева жидкости и теплогенератор. Патент RU 2135903.
16. Теплогенератор. Заявка RU 98105105/06, 1999 г.
17. Способ нагрева жидкости. Патент RU 2262046, 2005.10.10.
18. Устройство для нагрева жидкости. Патент RU 2162571, 2000 г.
19. Теплогенератор струйного действия «Тор». Патент RU 2096694, 1997 г.
20. Кавитационно - роторный теплогенератор. Патент RU 2258875, 2005 г.
21. Кавитационный тепловой генератор. Патент RU 2131094, 1999 г.
22. Способ тепловыделения в жидкости и устройство для его осуществления. Патент RU 2177121, 1999 г.
23. Гидродинамический кавитационный аппарат. Заявка RU 98114517/06, 2000 г.
24. Кавитатор гидродинамического типа. Заявка RU 99113709/06, 2003 г.
25. Кавитатор для тепловыделения в жидкости. Заявка RU 97118384/06, 1999г.
26. Способ получения тепла. Патент RU 2165054, 2000 г.

27. Ганиев Р.Ф. и др., Волновая технология в машиностроении. - «Проблемы машиностроения и надёжности машин», 1996, №1, с.80-86.
28. Жебышев Д.А. Возбуждение колебаний в жидких средах гидродинамическими генераторами. «Справочник. Инженерный журнал», 2004г., №12, стр. 19-24.
29. Байков О.В. Вихревые гидравлические машины. М.: Машиностроение, 1981, с.100-111.
30. Кавитационно-вихревой теплогенератор. Патент RU 2 235 950, 2004г. - прототип
31. Автономная система отопления для здания. Патент RU 2162990, 2001г.
32. Кавитационный энергопреобразователь. Патент RU 2224957, 2004г.
33. Теплогенератор кавитационно-вихревого типа. Заявка RU 99110397/06, 2001 г.
34. Теплогенератор приводной кавитационный. Заявка RU 99110538/06, 2003
35. Резонансный насос-теплогенератор. Патент RU 2142604, 1999 г.
36. Способ нагревания жидкости и устройство для его осуществления. Заявка RU 96104366/06, 1998 г.
37. Кавитационно-вихревой теплогенератор. Заявка RU 2002119773/06, 2003г.
38. Роторный насос-теплогенератор. Патент RU 2159901, 2000 г.
39. Насос-теплогенератор. Патент RU 2160417, 2000 г.
40. Способ получения энергии. Патент RU 2054604, 1996 г.
41. Способ тепловыделения в жидкости. Патент по заявке RU 95110302/06.
42. Роторный гидроударный насос – теплогенератор. Патент RU 2202743, 2003 г.
43. Физика /Большой энциклопедический словарь/ - М.: Большая Российская энциклопедия 1999, с.236-237.