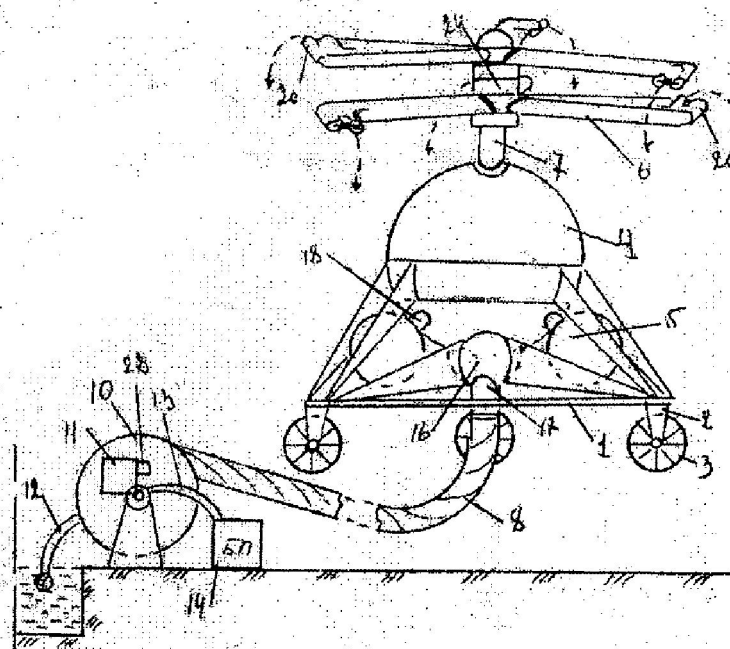


П.А. ВЕРТИНСКИЙ

ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ГИДРАВЛИКИ

Реферативный сборник

ВЫПУСК 3



Иркутск - 2008

П.А. ВЕРТИНСКИЙ

**ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ
ЗАДАЧИ ГИДРАВЛИКИ**

Реферативный сборник

Выпуск 3

Иркутск - 2008

УДК 532
ББК 30.123
В 35

Вертинский П.А.

В 35 ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ГИДРАВЛИКИ
реферативный сборник. – Вып. 3. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. - 86 с.

В настоящем издании собраны статьи автора, опубликованные в течение последних десяти лет в различных сборниках (труды Иркутской государственной сельско-хозяйственной академии, материалы региональной научной конференции «Интеллектуальные и материальные ресурсы Сибири» - «Сибресурс», Вестник Иркутского регионального отделения АН ВШ РФ, Материалы Всероссийского научного семинара ИВМ СО РАН «Моделирование Неравновесных Систем» и другие региональные издания), отличительная особенность которых - малые тиражи предопределяла опубликованным работам практическую недоступность для широких кругов специалистов. С целью расширить круг специалистов, преимущественно физико-технических профилей, издаётся настоящий сборник тремя тематическими выпусками:

Выпуск 1. Проблемы аксиоматики теории размерностей в топологии

Выпуск 2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ

Выпуск 3. ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ГИДРАВЛИКИ

Автор надеется, что сборники будут полезными не только инженерам, но также аспирантам и научным сотрудникам.

Отпечатано с матриц, предоставленных автором

01. Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электро - гидравлического эффекта

1. Краткое введение.

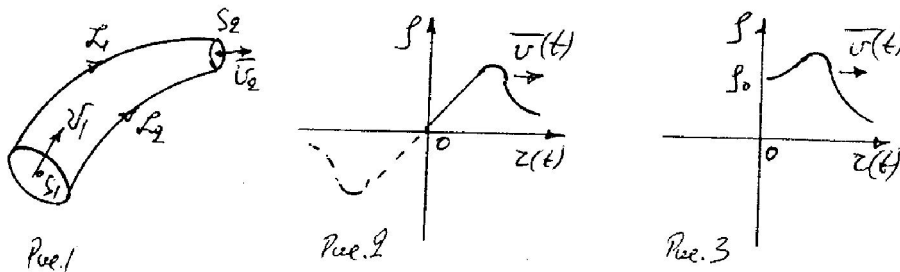
С начала возникновения гидродинамики процессы распространения волн в среде и образование потоков среды изучаются и исследуются относительно самостоятельно/1/ Более того, классическая гидродинамика теоретически обосновала вывод о невозможности переноса вещества среды в потоке волн данной среды, поэтому даже прямые экспериментальные измерения оставляют в стороне вопрос о проверке или уточнении такого положения, заранее не предполагая обнаружить какие-либо потоки среды в потоках волн в данной среде /2/.

Таким образом, согласно современным представлениям гидродинамической теории суперпозиция ударных волн в среде не вызывает образования потоков данной среды, сопровождаясь лишь передачей энергии волн без перемещения вещества в среде /3,4/. За исторический период после фундаментальных трактатов Д. Бернулли «Гидродинамика» / 1738 г./ и Л. Эйлера «Общие принципы движения жидкости» /1755 г./ в гидродинамике сформировалась система уравнений движения сплошной среды (жидкости или газа), которая рассматривает среду изотропной и гиротропной /3/:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} \rho \quad (1), \quad \text{div} \vec{v} = 0 \quad (2), \quad \frac{d\rho}{dt} = 0 \quad (3)$$

Для практических расчетов установившихся движений несжимаемой жидкости на основе уравнений (1),(2) и (3) широко используется первый интеграл Бернулли, частное решение которого для трубки тока как на рис.1 можно записать: $\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gh = \text{Const} \quad (4)$

По существу уравнение (4) выражает собой закон сохранения энергии в трубке тока среды, что совершенно справедливо в условиях невмешательства извне в энергетический баланс данной трубки тока. Именно поэтому Б. Риман еще в 1860 году в своем мемуаре “О распространении плоских волн конечной амплитуды“ /4/, рассматривая распространение возмущений в среде, пришел к выводу об образовании ударных волн в баротропных средах, так как: $x = tc(\rho) + \varphi(\rho) \quad (5)$. В соответствии с выводом (5) распространение возмущений плотности среды можно представить графически как на рис.2, но с учетом второго начала термодинамики волны разрежения невозможны /1/, поэтому реально выполняется лишь правая часть графика, то есть зависимость как на рис.3.



Такие возмущения в среде называются акустическими, а описывающая их теория является линейной, не позволяя рассматривать импульсные явления с образованием в среде паро – газо - вакуумных полостей, когда жидкость уже нельзя рассматривать сплошной несжимаемой средой [1],[3]. Рассматривая такие импульсные явления в среде с позиций газовой динамики, на основе законов сохранения массы, импульса и энергии, мы приходим к известным соотношениям Ренкина – Гюгоньо [1],[3], которые для плоского случая в неподвижной системе координат могут быть представлены:

$$\rho_1 (D - U_1) = \rho_2 (D - U_2) \quad (6)$$

$$P_1 + \rho_1 U_1 (D - U_1) = P_2 + \rho_2 U_2 (D - U_2) \quad (7)$$

$$e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 - P_2) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (8)$$

где: D - скорость ударной волны, U - скорость среды,

ρ , P , e - соответственно плотность, давление и удельная внутренняя энергия жидкости. Здесь индексами 1 и 2 обозначены соответственно состояния среды по обе стороны поверхности разрыва.

В частном случае для покоящейся перед ударной волной среды, когда $U_1 = 0$ (9) имеем следствия: $\rho_1 D = \rho_2 (D - U_2)$ (10)

$$P_1 = P_2 + \rho_2 U_2 (D - U_2) \quad (11) \text{ и } e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 - P_2) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (12)$$

Отсюда следует вывод о том, что при условии образования ударной волны, то есть когда $D \neq 0$ (13), то имеет место $U_2 > 0$ (14).

Таким образом, импульсная ударная волна порождает движение сплошной среды во все стороны, то есть взрыв, который может быть направлен, например, неоднородностью среды или специальными техническими приспособлениями (отражателями, экранами и т.п.).

2. Возникновение задачи.

Рассматривая интерференцию волн в баротропных средах с позиций линейной гидродинамики, в полном соответствии с принципом суперпозиции мы с необходимостью приходим к выводу о невозможности образования направленных потоков данной среды с помощью системы волн в этой среде. При этом учитывается обстоятельство по уравнению (4),

из которого следует отсутствие источника энергии в области среды, перекрываемой потоками волн в данной среде.

Рассматривая импульсные ударные волны с позиций нелинейной газовой динамики, мы в лучшем случае приходим к возможности образования направленного выброса среды в различных направлениях системой единичных взрывов, которые не могут здесь рассматриваться в качестве непрерывных потоков данной среды, что и подтверждается следствием (14) из соотношений Ренкина - Гюгонио (6), (7), (8).

Вместе с тем, как это обнаружилось в изучении электрогидравлического эффекта /5/, /6/ и др. с помощью последнего представляется новая возможность техническими средствами подводить энергию в поток среды с установившимся движением, оказывая тем самым влияние на энергетический баланс заданной области среды. Более того, получили практическое применение различные устройства в виде сосудов, полостей, отражающих поверхностей и т.п., с помощью которых формируются кумулятивные струи жидкости под действием ЭГЭ /7/, /8/ и др.

В указанных работах /5/, /6/, /7/, /8/ и др. оставлен открытым вопрос о наложении колебаний в среде от нескольких ЭГЭ, в частности вопрос о результирующем колебании двух последовательных во времени ЭГЭ. Данное обстоятельство объясняется известными экспериментальными трудностями в осуществлении ЭГЭ /9/ и сложным характером зависимости плотности среды в области ЭГЭ не только от давления, но и от других параметров /2/.

3. Фронт ударной волны кумулятивного характера.

Задача об интерференции ударных волн двух последовательных во времени ЭГЭ может быть условно разделена на два более частных случая:

3а). Образование второго по порядку ЭГЭ в данной области среды до или после момента прохождения фронта ударной волны от первого по порядку ЭГЭ через источник второго по порядку ЭГЭ.

В этом случае рассмотрение сводится к изучению процессов интерференции волн впереди или позади фронта ударной волны, поэтому мы с необходимостью придем к известным выводам о независимом переносе системой волн своих энергий без переноса вещества среды, что находится в полном соответствии с принципом суперпозиции ударных волн и законом сохранения энергии /1/.

3 б). Образование второго по порядку ЭГЭ в данной области среды осуществляется в момент прохождения фронта ударной волны от первого по порядку ЭГЭ через источник второго по порядку ЭГЭ.

В этом случае оказывается справедливой теорема, которую невозможно вывести следствием из соотношений Ренкина – Гюгонио, поэтому требуется доказывать на основании результатов новейших

экспериментальных исследований:

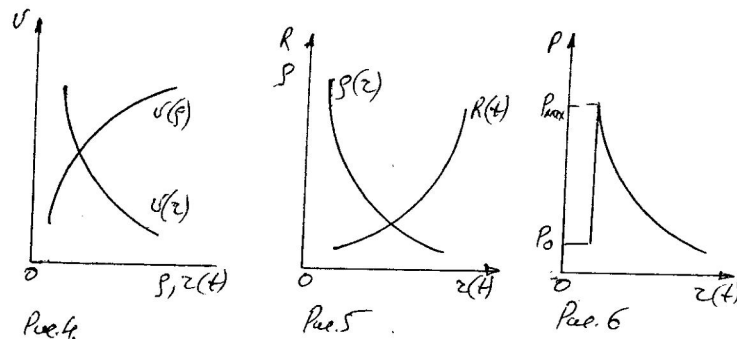
Суперпозиция волн в среде путем включения очередного источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от предыдущего источника образует результирующий фронт волны кумулятивного характера.

Для доказательства данной теоремы примем во внимание следующие обстоятельства, которые были с высокой достоверностью установлены в результате новейших теоретических и экспериментальных исследований :

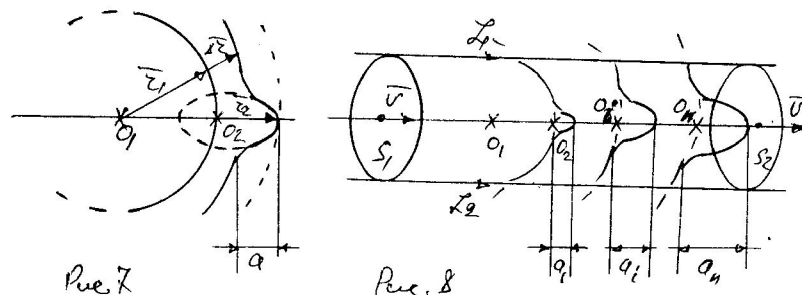
А. Теоретически /3/ и экспериментально /6/, /9/ и др. установлена зависимость скорости распространения возмущений в среде от плотности среды, которая представлена графически на рис. 4 .

В. Экспериментально /6/, /9/ и др. установлена зависимость плотности среды в области ЭГЭ от фазы развития ЭГЭ , которая представлена графически на рис.5.

С. Экспериментально /6/, /9/ и др. установлена зависимость давления в области ЭГЭ от фазы развития ЭГЭ , которая представлена графически на рис. 6.



С целью наглядности доказательства построим схему распространения волн от двух источников колебаний как показано на рис. 7, при этом придерживаясь выводов А,В,С на рис.4, рис.5 и рис.6 :



Пусть точки O_1 и O_2 на рис.7 являются точками , в которых расположены источники колебаний , при этом в точке O_2 находится источник колебаний в момент прохождения через него фронта ударной волны от первого источника в точке O_1 .

Так как скорость распространения волн со временем убывает /см.рис.4 и рис.5/, то приращение радиуса первого фронта ударной

волны окажется меньше, чем радиус второго фронта ударной волны после разряда в точке O_2 в направлении распространения первого фронта ударной волны, то есть можно отметить, что: $\Delta r_1 < r_2$ (15).

Так как скорость распространения волн внутри паро-газовоздушного пузыря ЭГЭ вокруг первого источника волн O_1 меньше скорости этих волн по невозмущенной среде (см.рис.5 и рис.6), то вокруг второго источника O_2 область после второго разряда в момент прохождения через него первого фронта ударной волны окажется асимметричной относительно источника O_2 , то есть фронт ударной волны в общем направлении распространения волн будет иметь радиус-вектор больший, чем этот радиус-вектор в направлении к O_1 или в других направлениях.

Таким образом, обобщая выше отмеченные обстоятельства, при построении схемы распространения волн на рис.7 можно записать: $r_1 + r_2 > r_1 + \Delta r$ (16), то есть поверхность общего фронта ударных волн вокруг источников O_1 и O_2 при включении второго источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от первого источника в направлении общего распространения волн имеет выступ, что и является проявлением кумулятивности данной суперпозиции ударных волн.

4. Образование потока среды

в результате суперпозиции ударных волн.

Среди многочисленных следствий доказанной выше по п.3.б) теоремы особый интерес в плане поставленного вопроса представляет ее многократное применение к одной и той же трубке тока, как это показано на рис.8. Действительно, рассмотрим трубку тока, на одной оси которой размещены последовательно несколько разрядников (см.рис.8). Положим здесь обеспеченным технически обстоятельство включения очередных разрядников в моменты прохождения через них ударных волн от предыдущих разрядников, например, с помощью специальных формирователей разрядов. Конструктивно такая задача решена уже в нескольких изобретениях автора /10/, /11/ и др. Обозначим величину кумулятивного выступа впереди фронта ударной волны через a_i , где i – порядковый номер данного разряда. Тогда совершенно ясно, что применяя всякий раз теорему об образовании кумулятивного выступа относительно предыдущего фронта ударной волны (см. по п.3.б), здесь приходится признать, что:

$a_1 < a_2 < a_3 \dots < a_n$ (17). Действительно, каждый предыдущий выступ включает очередной разряд с большим опережением, позволяя очередному кумулятивному выступу еще увеличить свою величину за возросшее время опережения.

Легко представить теперь себе, что общая длина трубки тока, на которой размещена система последовательных разрядников как на рис. 8, оказывается меньше или равной сумме всех выступов

кумулятивных фронтов ударных волн, тогда последний в ряду на линии тока выступ окажется выбросом данной среды за пределы данной трубки тока.

В силу принципа неразрывности среды из этого обстоятельства следует необходимость образования потока среды по данной трубке тока в направлении порядка следования разрядов. При этом нет необходимости в бесконечно большом числе разрядников при бесконечно длинной трубке тока, так как при конечном числе разрядников в конечной трубке тока возможно технически после последнего в ряду разрядника осуществить с помощью формователя разрядов включение первого из них в данном ряду, то есть замкнуть ряд разрядников на себя, повторяя циклы разрядов сколь угодно долго, поддерживая образование потока среды по данной трубке тока за счет наложения ударных волн в соответствии с доказанной выше по п 3.б) теоремой.

Таким образом, в сплошной среде в результате суперпозиции ударных волн от электрических разрядов на разрядниках, расположенных последовательно на линии тока, путем их включения в моменты прохождения через них фронтов ударных волн от предыдущих разрядов образуется поток данной среды в направлении порядка следования разрядов.

5. Возможности кумулятивного электрогидравлического эффекта в повышении эффективности электрогидравлических систем.

Так как реализация на уровне технического решения схемы образования потока среды в результате суперпозиции ударных волн как на рис.8 по существу является осуществлением схемы устройства электрогидравлического насоса, то вывод об образовании кумулятивного фронта ударных волн открывает широкую перспективу для его технического использования в гидравлике.

Так как действия насоса и движителя между собой являются обратными, то на основе данного вывода открывается также и возможность развития судовых движителей с непосредственным превращением электроэнергии в механическую работу по движению судна. В качестве иллюстраций изложенных выводов о практических возможностях использования кумулятивного электрогидравлического эффекта здесь можно привести несколько изобретений автора. Например, электрогидравлический насос по патенту РФ N 1824504 /10/ представляет собой трубу 1 (см.рис.9), по круговым сечениям в корпусе которой выполнены изолирующие пробки 2 с разрядниками 3, включенных по принципиальной электросхеме (см.рис.10).

При включении электропитания на разрядники ударные волны создают поток рабочей среды путем создания кумулятивного

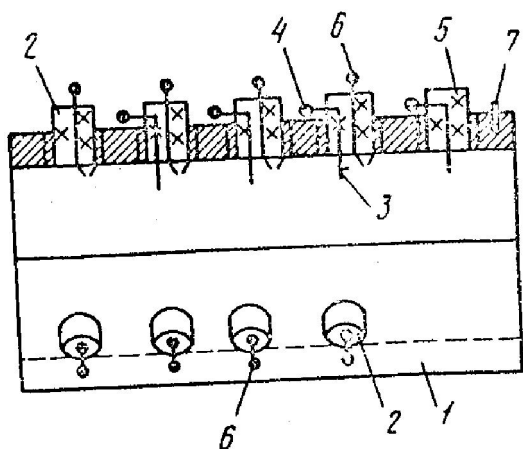


Рис.9

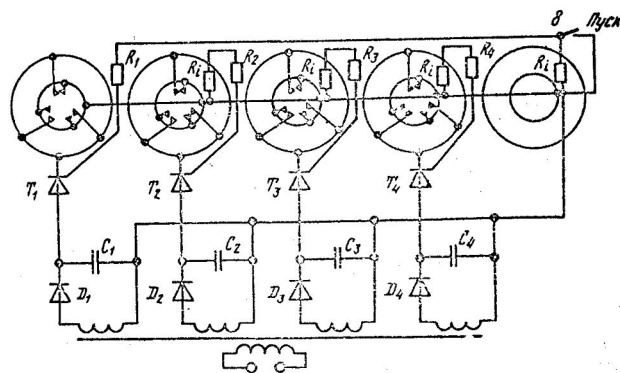


Рис.10

При включении электропитания на разрядники ударные волны создают поток рабочей среды путем создания кумулятивного фронта вследствие образования общего фронта ударных волн вокруг разрядников данного кругового сечения корпуса насоса. Так как в подобных насосах отсутствуют поршни, рабочие колеса, лопасти и другие конструктивные признаки известных насосов, то данное обстоятельство позволит обеспечить повышение производительности за счет снижения гидравлического сопротивления. Кроме того, использование ЭГЭ, в процессе которого достигаются сверхвысокие давления, открывает в гидравлике возможность создания высоконапорных насосов, способных надежно работать в агрессивных средах, в чем давно ощущается острая потребность в современных отраслях промышленности химической, металлургии, энергетике и пр. Здесь ясно, что размещение разрядников на внешней поверхности корпуса немедленно приводит к созданию обратного процесса – движению самого корпуса в среде, то есть позволяет строить различные судовые движители, один из которых по патенту РФ N 1483825 /11/ представлен на рис. 11, а его принципиальная схема на рис. 12.

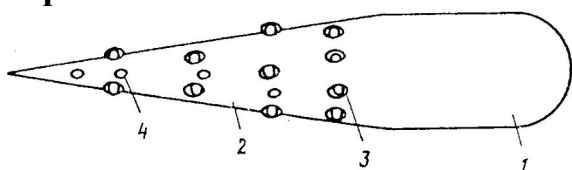


Рис. 11.

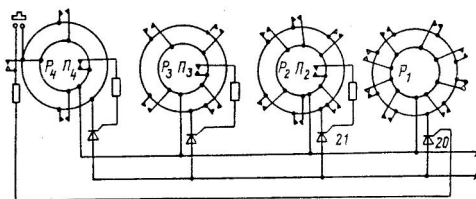


Рис.12

Практическое применение кумулятивного электрогидравлического эффекта не исчерпывается указанными выше изобретениями по /10/ и /11/ и др., так как позволяет создавать другие принципиально новые технические решения, в которых используется новая возможность непосредственного превращения электроэнергии в механическую работу. В качестве подобных устройств автор разработал пилоты (патент РФ № 1428225) и буровые головки (патент РФ № 2026990), немагнитные электродвигатели и реле

(патент РФ № 2063122) , устройства для резки струей высокого давления (патент РФ № 1598338) и смесители (патент РФ № 1534818) , дождевальные установки (патент РФ № 2063122) и высокопроходимые активные колеса (патент РФ № 1736752) и другие устройства /12/, использование которых в народном хозяйстве позволит не только повысить производительность, надежность работы технологического оборудования , но и обеспечить экологическую безопасность многих наших технологических процессов в упомянутых и других отраслях промышленности.

Список литературы :

1. Зельдович Я. Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., «Наука», 1968 г. стр.46-58, 201, 374 и др.
2. Фадеенко Ю.И. и др. Разрядные волны в канале с последовательностью искровых промежутков. //»Физика горения и взрыва» N 1/ 1969 г.,с.144.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.,»Наука»,1976 г. т.1,с.447,т.2,с.26.
4. Риман Б. Сочинения.М-Л.,ОГИЗ,1948 г.,стр.376 и далее.
- 5.Юткин Л.А.Электрогидравлический эффект.М-Л.,Машгиз, 1955 г.стр.8.
- 6.Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрический разряд в воде. М., «Наука», 1971 г.
- 7.Несветаилов Г.А., Серебряков А.А. Теория и практика электрогидравлического эффекта.Минск,ИНТИ,1965 г.стр.4 и др.
- 8.Попилов Л.Я. Электро-физическая и электромеханическая обработка материалов. М.,»Машиностроение»,1969 г., стр.263 и далее.
- 9.Иванов В.В. О применимости приближения Кирквуда – Бете для исследования мощных подводных искровых разрядов цилиндрической симметрии.// «Электро-гидравлический эффект и его применение», Киев, АН УССР,1981 г.
- 10.Вертинский П.А. Электрогидравлический насос. Патент РФ N 1824504, 1989 г.
- 11.Вертинский П.А. Электрогидравлический судовой движитель. Патент РФ N 1483825, 1987 г.
- 12.Вертинский П.А. Электрогидравлика.г.Усолье-Сибирское,1996

02. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА СУПЕРПОЗИЦИИ УДАРНЫХ ВОЛН ВОКРУГ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ.

1 ПРЕДИСЛОВИЕ

Автору уже пришлось на конференции «Сибресурс-2002» доказывать теорему о фронте ударной волны кумулятивного характера, но здесь необходимо снова привести ее формулировку:

Суперпозиция ударных волн в среде путем включения очередного источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от предыдущего источника образует результирующий фронт волны кумулятивного характера.[1]

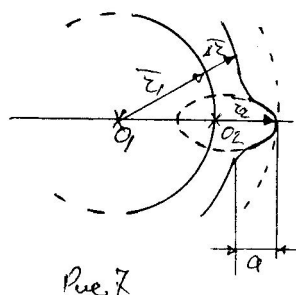


Рис. 7

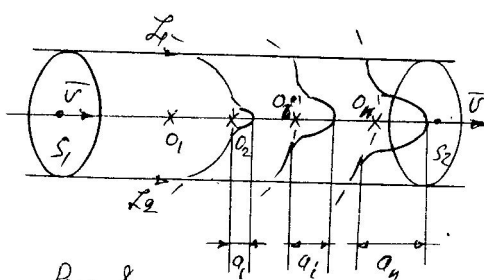


Рис. 8

Рис. 1 (рис.7 по .[1])

Рис. 2 (рис.8 по .[1])

Действительно, так как скорость распространения волн со временем убывает, то приращение радиуса первого фронта ударной волны окажется меньше, чем радиус второго фронта ударной волны после разряда в точке O_2 в направлении распространения первого фронта ударной волны, то есть можно отметить, что: $\Delta r_1 < r_2$ (1)

Таким образом, обобщая выше отмеченные обстоятельства, при построении схемы распространения волн на рис.2 можно записать:

$r_1 + r_2 > r_1 + \Delta r$ (2), то есть поверхность общего фронта ударных волн вокруг источников O_1 и O_2 при включении второго источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от первого источника в направлении общего распространения волн имеет выступ, что и является проявлением кумулятивности данной суперпозиции ударных волн. Обозначим величину кумулятивного выступа впереди фронта ударной волны через a_i , где i – порядковый номер данного разряда. Тогда совершенно ясно, что применяя всякий раз теорему об образовании кумулятивного выступа относительно предыдущего фронта ударной волны, здесь приходится признать, что:

$a_1 < a_2 < a_3 \dots < a_n$ (3). Действительно, каждый предыдущий выступ включает очередной разряд с ещё большим опережением, позволяя очередному кумулятивному выступу еще увеличить свою величину за возросшее время опережения. Легко представить теперь себе, что общая длина трубки тока, на которой размещена система

последовательных разрядников как на рис. 2 оказывается меньше или равной сумме всех выступов кумулятивных фронтов ударных волн, тогда последний в ряду на линии тока выступ окажется выбросом данной среды за пределы данной трубки тока.

В силу принципа неразрывности среды из этого обстоятельства следует необходимость образования потока среды по данной трубке тока в направлении порядка следования разрядов.

2.ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЕ НАСОСЫ

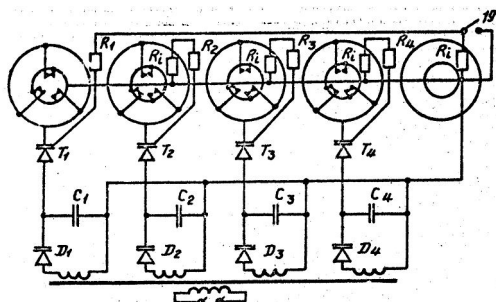


Рис.3

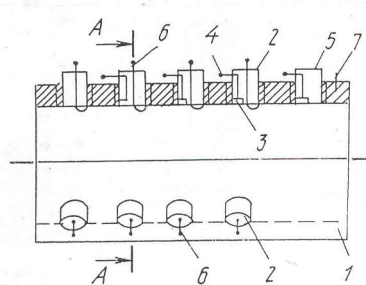


Рис.4

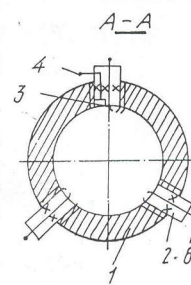


Рис.5

В качестве практического приложения этой теоремы здесь рассмотрим принцип действия электрогидравлических насосов [2], так как все они могут быть представлены одной и той же принципиальной электросхемой, изображенной на рис.3. В сущности такая принципиальная электросхема с блоком электропитания представляет собой генератор импульсного тока с отдельными батареями конденсаторов для разрядников.

Конструктивно такая электросхема может быть выполнена как показано на рис.4 и рис.5, а некоторые возможные формователи разрядов показаны на рис.6, рис.7 и рис.8 [2], на которых представлены: продольный разрез формователя разрядов тензорезисторного типа (рис.6), электроразрядного типа (рис.7) и пускового формователя разрядов (рис.8).

Насос содержит корпус 1, блок электропитания, разрядные устройства 2, размещенные в электроизолирующих пробках по три равномерно по круговым сечениям корпуса 1. Формирователи 3 разрядов могут быть выполнены в виде тензорезисторов полупроводникового типа с выводами 4 через пробку разрядника 2, либо в виде пьезоэлектрического датчика, размещенного аналогично, либо в виде проводникового стержня 3 в пробке разрядника 2.

Формирователь 3 разрядов любого типа для первой группы разрядников 2 размещен на отдельном держателе 5 после последней группы разрядников 2 на расстоянии, не менее радиуса корпуса 1.

Все разрядники 2 имеют выводы 6 от одного из электродов пары, а вторым выводом служит металл корпуса 1 с общим выводом 7. В случае возможного исполнения корпуса 1 из диэлектрика каждый разрядник 2 имеет свой вывод, соединенный с клеммой 7. Пусковой

формирователь 8 разрядов в виде тензорезистора или пьезоэлектрика с клавишей 9 и шариком 10 имеет выводы 11 и 12, соединенные параллельно первому формирователю 3 разрядов.

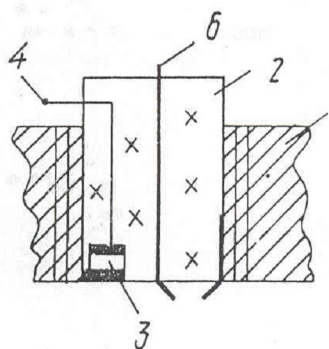


Рис. 6

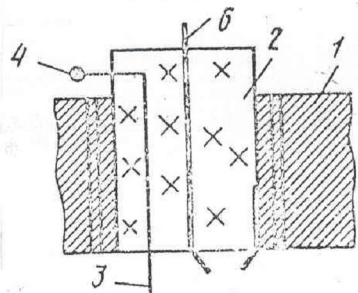


Рис. 7

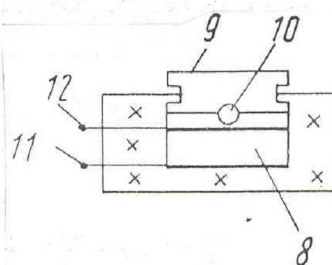


Рис. 8

Все разрядники 2 имеют выводы 6 от одного из электродов пары, а вторым выводом служит металл корпуса 1 с общим выводом 7. В случае возможного исполнения корпуса 1 из диэлектрика каждый разрядник 2 имеет свой вывод, соединенный с клеммой 7. Пусковой формирователь 8 разрядов в виде тензорезистора или пьезоэлектрика с клавишей 9 и шариком 10 имеет выводы 11 и 12, соединенные параллельно первому формирователю 3 разрядов.

При включении электропитания на разрядники 2 ударные волны распространяются вдоль канала насоса, своим давлением по фронту воздействуют на формирователи 3 разрядов очередных разрядников 2, включая их в моменты прохождения фронта ударной волны через них, поддерживая таким образом работу насоса на протяжении всего периода работы схемы электропитания.

3. ЭЛЕКТРОФИЛЬТР ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПО ПАТЕНТУ РФ № 1837447[3].

Уже непосредственное применение указанных выше насосов по своему прямому назначению в газовых средах позволяет им сразу проявить свои принципиальные конструктивные преимущества: низкое гидравлическое сопротивление свободного от механических препятствий потоку корпуса насоса и высокие напоры вследствие непосредственного преобразования электрической энергии в механическую работу по перемещению рабочей среды. Такой электрофильтр показан вертикальным разрезом (рис.9) по всему корпусу фильтра и видом (рис.10) сверху. Насосы фильтра показаны условно по месту их выполнения внутри корпуса фильтра, устроены по описанному выше по п.1 и применяются по прямому своему назначению.

Дымовой электрофильтр состоит из корпуса 1, разделенного на ярусные камеры 2 с помощью перегородок 3, по которым

выполнены желоба для воды, соединенные между собой последовательно с помощью трубопроводов 4 с емкостью 5, магистралью 6 и насосной установкой 7.

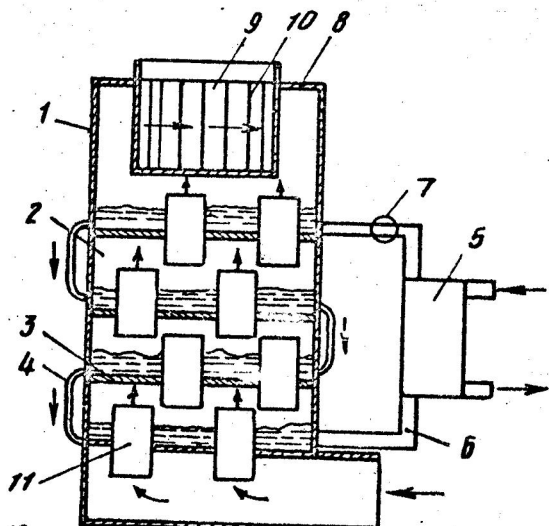


Рис. 9

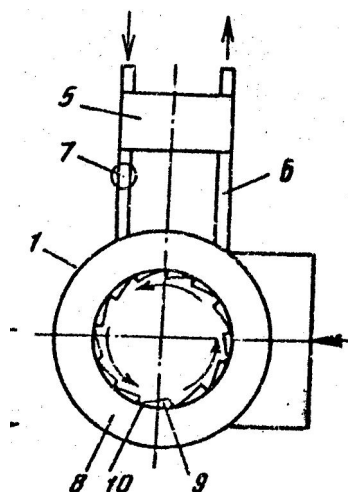


Рис. 10

Нижний ярус камер 2 соединен с дымоходом, а верхний ярус камер 2 имеет потолочное перекрытие 8 с цилиндрическим выходом в виде вертикальных лопастей 9, между которыми выполнены сопла-щели 10. В перегородках 3 встроены в шахматном порядке описанные выше по п.1 электроразрядные насосы 11.

Так как в процессе электрических разрядов по фронтам ударных волн вокруг разрядников создается высокое импульсное давление дымовой среды, то крупные частицы золы и сажи коагулируют и выпадают в желоба с водой каждой ярусной камеры.

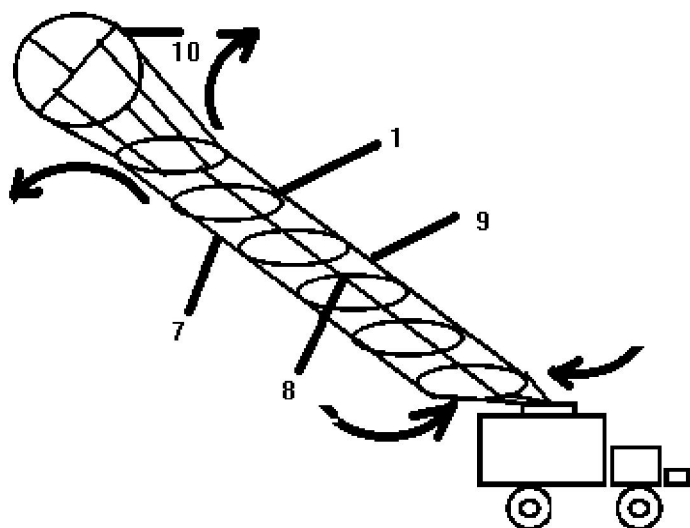
Так как в электроразрядных фильтрах дымовая среда подвергается ионизации, то на выходе каждого насоса создается повышенная концентрация центров коагуляции в виде ионов газовых молекул и электризованных мелкодисперсных частиц.

Таким образом, при включении электропитания насосы 11 создают напор в своих ярусных камерах, образуя тягу дымовых газов из дымохода. Так как с повышением давления в ярусных камерах повышается коагуляция мелкодисперсных частиц и растворение газовых примесей дыма.

Описанные выше особенности устройства и работы электроразрядного дымового фильтра позволяют использовать его для улавливания летучей золы и сажи, других мелкодисперсных частиц и растворимых в воде газовых примесей дымовых газов, то есть применять для очистки газовых выбросов предприятий энергетики, металлургии, химической промышленности и др.

4. ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ НАСОС ПО ЗАЯВКЕ РОСПАТЕНТА № 5049463/29 [4]

Здесь необходимо уточнить относительно содержания теоремы по п.1, которая справедлива в пределах трубки тока (см. рис.2) безотносительно к материалу стенок - границ этой трубки $L_1 - L_2$. Другими словами, справедливость выражения (3) не нарушается даже при «выполнении» этих «стенок» $L_1 - L_2$ из материала рабочей среды, то есть по существу без ограничивающих трубку тока стенок. При этом ясно, что рассчитывать на справедливость выражения (3) мы вправе лишь в пределах этой трубки тока, то есть внутри границ $L_1 - L_2$. Таким образом, в качестве прямого следствия указанной теоремы вытекает принципиальная техническая возможность создания с



помощью электрических разрядов направленных потоков этой рабочей среды без применения специальных трубопроводов. В качестве примера одного из многочисленных практических решений этой задачи рассмотрим устройство и работу электроразрядного насоса по заявке Роспатента № 5049463/29 [4]. На рис.11

Рис. 11

показан вид электроразрядного насоса в рабочем положении (вариант), на рис. 12 вид в плане одного из кольцевых держателей разрядников, на рис. 13 показан диаметральный разрез держателя разрядников.

Насос состоит из соосного ряда кольцевых держателей 1 с разрядниками 2 по три равномерно на каждом держателе, соединенные между собой электрически параллельно кольцевыми шинами 3 и 4. Все электроразрядники 2 соединены с генератором импульсного тока по схеме на рис.3 с помощью формирователей 5 разрядов по схеме на рис. 7 или рис. 8 в зависимости от конкретных условий эксплуатации. С помощью электрических клемм 6 шины 3 и 4 присоединены электропроводами 7, 8 и 9 к блоку электропитания.

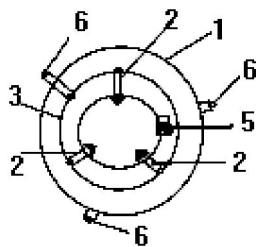


Рис. 12

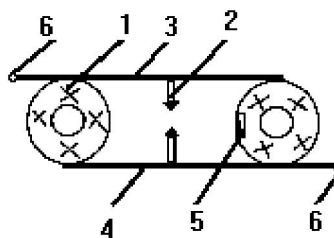


Рис. 13

Электропровода 7, 8, и 9 выполнены многожильными, гибкими и укреплены на стропах или штангах между блоком питания, например, на транспортном средстве, и подъёмником 10, например, аэростатного типа.

После включения электропитания ГИТ,а разрядники 2 создают направленный фронт ударных волн вдоль канала насоса внутри кольцевых держателей 1 разрядников, который образует поток рабочей среды в заданном направлении, увлекая окружающий воздух с содержащимися в нём компонентами.

Функциональные возможности электроразрядного насоса позволяют применять его для дегазации зараженных территорий путём рассеивания газов на больших высотах в естественных потоках атмосферы, например, рассеивать смог в городских микрорайонах в безветренную погоду, вентилировать крупногабаритные промышленные помещения, ангары и т. п. По заявке № 5049463/29 автор имеет решение Роспатента о выдаче патента на изобретение [4].

5. СОПЛО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ПАТЕНТУ РФ № 2041376 [5]

Ясно, что изложенные выше примеры реализации на уровне технических решений схемы образования потока среды в результате суперпозиции ударных волн как на рис.2 по существу являются осуществлением схемы устройства электрогидравлического насоса, подтверждая тем самым наш вывод об образовании кумулятивного фронта ударных волн и открывая широкую перспективу для его технического использования в гидравлике.

Вместе с тем, так как действия насоса и движителя между собой являются обратными, то на основе данного вывода открывается также и возможность развития движителей с непосредственным превращением электроэнергии в механическую работу по движению транспортного средства. В качестве иллюстраций изложенных выводов о практических возможностях использования кумулятивного электрогидравлического эффекта здесь можно привести несколько изобретений автора.

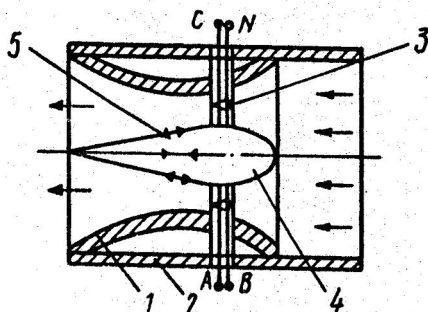


Рис.14

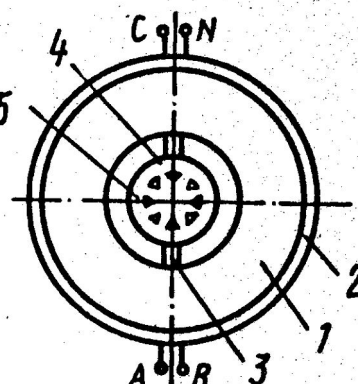


Рис. 15

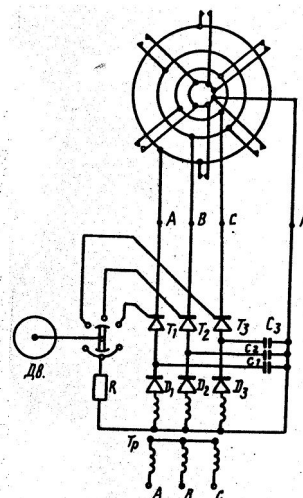


Рис. 16

В качестве простого наглядного примера электроразрядного движителя здесь можно привести сопло ракетного двигателя по патенту РФ № 2041376 [5]. На рис. 12 показан разрез сопла по его оси, на рис. 13 - вид сопла с торца, а на рис. 14 - принципиальная электросхема сопла. Сверхзвуковое сопло 1 размещено в корпусе 2, внутри сопла 1 на кронштейнах 3 обтекаемого сечения соосно укреплен отражатель 4 также обтекаемого сечения основанием к выходу сопла 1. По кольцевому сечению отражателя 4 на его конической части размещены электроразрядники 5 многофазной системы по две однофазной пары электродов с диаметрально противоположных сторон отражателя 4, которые соединены с источником многофазного импульсного источника тока на тиристорах, в цепи управления которых включен формирователь разрядов с регулируемой частотой (скважностью), например, с помощью управляемого электродвигателя с коммутационной системой в цепи управления тиристоров.

При включении электропитания разрядников 5 на отражателе 4, разряды которых осуществляются посредством регулируемой скважности ГИТ,а, на противоположных сторонах отражателя 4 образуется давление ударных волн, направленное к выходу из сопла, то есть ускоряющее поток реактивных газов, тем самым соответственно увеличивая тягу сопла, определяемую мощностью скважностью импульсного тока.

6.ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ ПО ЗАЯВКЕ РОСПАТЕНТА №5064157/11 [6].

Здесь надо снова вспомнить о нашей принципиальной технической возможности создания с помощью электрических разрядов направленных потоков рабочей среды без применения специальных трубопроводов, которую мы использовали выше для устройства и работы электроразрядного насоса по заявке Роспатента № 5049463/29 [4].

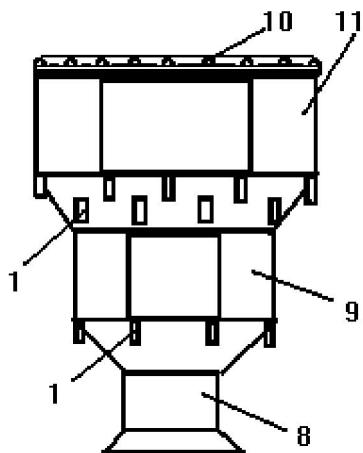


Рис. 17

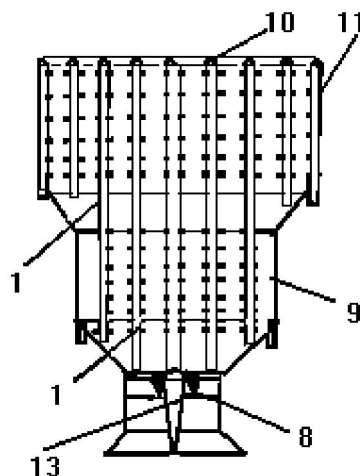


Рис.18

Так как канал насоса по заявке Роспатента № 5049463/29 [4] можно создать не только с помощью кольцевых держателей электроразрядников, но и, например, с помощью стержневых держателей, то открывается возможность образовывать многоканальные насосы, размещая держатели электроразрядников параллельными системами, как это выполнено в электроразрядном движителе по заявке Роспатента №5064157/11 [6].

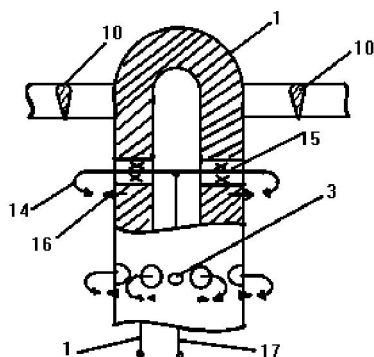


Рис. 19

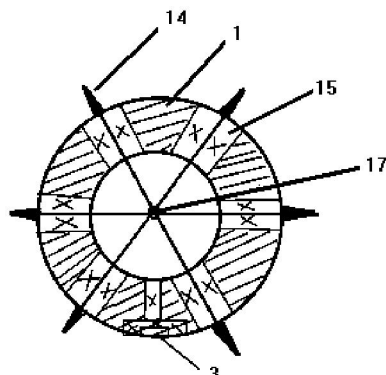


Рис. 20

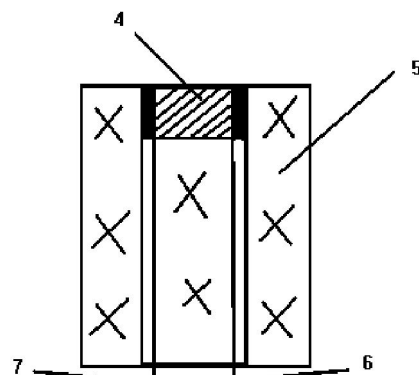


Рис. 21

На рис. 17 показан общий вид движителя, на рис. 18 – его продольный разрез, на рис. 19 – местный вырез стержневого держателя по противоположным разрядникам, на рис. 20 - поперечный разрез стержневого держателя по электроразрядникам, на рис.21 – продольный разрез формирователя разрядов тензорезисторного типа.

Движитель содержит заданное число ступеней систем стержневых держателей 1, образующих в каждой ступени ячеистую структуру, например, шестигранной формы (см. рис.17 и рис. 18). На держателях 1 электроразрядов выполнены электроразрядники 2, соединенные с источником электропитания посредством формирователей 3 разрядов, например, тензорезисторного типа, закрепленных в электроизолирующих пробках 5 с выводами 6 и 7 для включения в цепи управления тиристоров генератора импульсного тока. Последняя ступень движителя снабжена соплом 6

сверхзвукового типа, а все ступени движителя закреплены в общем ступенчатом корпусе 9 с помощью решетки 10 в раструбе 11 первой ступени и кронштейнов 12 с осевым обтекателем 13 сопла 6.

Электроразрядники 2 представляют собой пары из электродов 14 в электроизолирующих пробках 15 и электродов-штырей 16 в стенке держателя 1. Выводы 14 присоединены к общему проводу 17, размещенному внутри трубки держателя 1 и с помощью выключателя соединенному с электросхемой блока электропитания.

При включении электропитания каждая группа держателей 1 по ребрам призм ячеистой, например, шестигранной структуры образует электроразрядный насос открытого типа, которые создают поток с возрастающей от ступени к ступени скоростью ионизированного воздуха, определяя реактивную тягу движителя в соответствии с заданными условиями эксплуатации. Так как реактивная струя движителя создается путём вовлечения в движитель окружающего воздуха, то данное обстоятельство предотвращает применение топлива и окислителя, обеспечивая энергопитание за счёт использования, например, энергоблоков ядерного типа или др. Так как реактивная струя движителя создаёт тягу по оси движителя, то путём поворота корпуса движителя возможно изменение вектора тяги вплоть до встречного направления, например, при осуществлении торможения. По заявке №5064157/11 автор имеет решение Роспатента о выдаче патента на изобретение [6].

Литература:

1. Вертинский П.А. Электрогидравлическая трубопроводная магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением как принципиальная техническая основа решений природоохранных задач // Сб. м. VI «Сибресурс-2003», Иркутск, БГУЭП, 2003.
2. Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 1824504, БИ №
3. Вертинский П.А. Электрофильтр дымовых газов // Патент РФ № 1837447, БИ №
4. Вертинский П. А. Электроразрядный насос по заявке Роспатента № 5049463/29 // Вертинский П.А. II. Электрогидравлика, г. Усолье-Сибирское, 1996, стр.122-123.
5. Вертинский П.А. Сопло реактивного двигателя // Патент РФ № 2041376, БИ № 22/ 1995.
6. Вертинский П. А. Электроразрядный движитель по заявке Роспатента № 5064157/11 // ИЛ № 017-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.

03. ПРАКТИЧЕСКИЕ ДИАПАЗОНЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

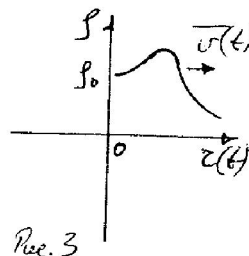
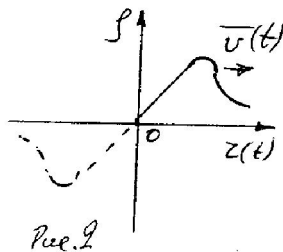
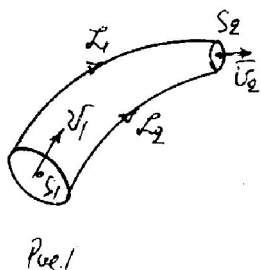
Введение.

Как известно, согласно современным представлениям гидродинамической теории суперпозиция ударных волн в среде не вызывает образования потоков данной среды, сопровождаясь лишь передачей энергии волн без перемещения вещества в среде [1]. За исторический период после фундаментальных трактатов Д. Бернулли «Гидродинамика» / 1738 г./ и Л. Эйлера «Общие принципы движения жидкости» /1755 г./ в гидродинамике сформировалась система уравнений движения сплошной среды (жидкости или газа), которая рассматривает среду изотропной и гиротропной:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} \rho \quad (1), \quad \text{div } \vec{v} = 0 \quad (2), \quad \frac{d\rho}{dt} = 0 \quad (3).$$

Для практических расчетов установившихся движений несжимаемой жидкости на основе уравнений (1),(2) и (3) широко используется первый интеграл Бернулли, частное решение которого для трубки тока как на рис.1 можно записать: $\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gh = \text{Const} \quad (4).$

По существу уравнение (4) выражает собой закон сохранения энергии в трубке тока среды, что совершенно справедливо в условиях невмешательства извне в энергетический баланс данной трубки тока. Именно поэтому, Б.Риман еще в 1860 году в своем мемуаре «О распространении плоских волн конечной амплитуды», рассматривая распространение возмущений в среде, пришел к выводу об образовании ударных волн в баротропных средах, так как: $x = tc(\rho) + \varphi(\rho) \quad (5).$ В соответствии с выводом (5) распространение возмущений плотности среды можно представить графически как на рис.2, но с учетом второго начала термодинамики волны разрежения невозможны, поэтому реально выполняется лишь правая часть графика, то есть зависимость как на рис.3.



Такие возмущения в среде называются акустическими, а описывающая их теория является линейной, не позволяя рассматривать импульсные явления с образованием в среде паро – газо - вакуумных полостей, когда жидкость уже нельзя рассматривать сплошной несжимаемой средой. Рассматривая такие импульсные

явления в среде с позиций газовой динамики, на основе законов сохранения массы, импульса и энергии, мы приходим к известным соотношениям Ренкина – Гюгонио [1], которые для плоского случая в неподвижной системе координат могут быть представлены:

$$\rho_1 (D - U_1) = \rho_2 (D - U_2) \quad (6), \quad P_1 + \rho_1 U_1 (D - U_1) = P_2 + \rho_2 U_2 (D - U_2) \quad (7),$$

$$e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 - P_2) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (8), \quad \text{где: } D - \text{ скорость ударной волны,}$$

U - скорость среды, а ρ, P, e - соответственно плотность, давление и удельная внутренняя энергия жидкости. Здесь индексами 1 и 2 обозначены соответственно состояния среды по обе стороны поверхности разрыва. В частном случае для покоящейся перед ударной волной среды, когда $U_1 = 0$ (9) имеем следствия: $\rho_1 D = \rho_2 (D - U_2)$ (10)

$$P_1 = P_2 + \rho_2 U_2 (D - U_2) \quad (11) \quad \text{и} \quad e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 - P_2) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (12).$$

Отсюда следует вывод о том, что при условии образования ударной волны, то есть когда $D \neq 0$ (13), то имеет место $U_2 > 0$ (14).

Таким образом, импульсная ударная волна порождает движение сплошной среды во все стороны, то есть взрыв, который может быть направлен, например, неоднородностью среды или специальными техническими приспособлениями (отражателями, экранами и т.п.), то есть, рассматривая импульсные ударные волны с позиций нелинейной газовой динамики, мы приходим к возможности образования направленного выброса среды в различных направлениях системой единичных взрывов, которые не могут здесь рассматриваться в качестве непрерывных потоков данной среды, что и подтверждается следствием (14) из соотношений Ренкина - Гюгонио.

Вместе с тем, как это обнаружилось в изучении электрогидравлического эффекта [1] с помощью последнего представляется новая возможность техническими средствами подводить энергию в поток среды с установившимся движением, оказывая тем самым влияние на энергетический баланс заданной области среды. Более того, получили практическое применение различные устройства в виде сосудов, полостей, отражающих поверхностей и т.п., с помощью которых формируются кумулятивные струи жидкости под действием ЭГЭ [2].

Так как в работах автора [3], [4], [5] и др. предпочтение отдаётся лишь техническим решением с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта (движителей, насосов и т.п.), то здесь необходимо привести несколько примеров технических решений, в которых технический результат достигается за счёт применения упомянутых устройств.

1.Способ разрушения ледяного покрова по патенту № 1600204 РФ [6]

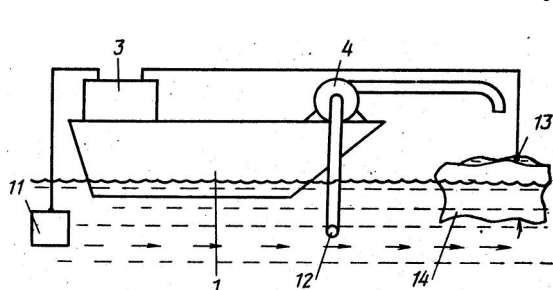


Рис. 1 - 1

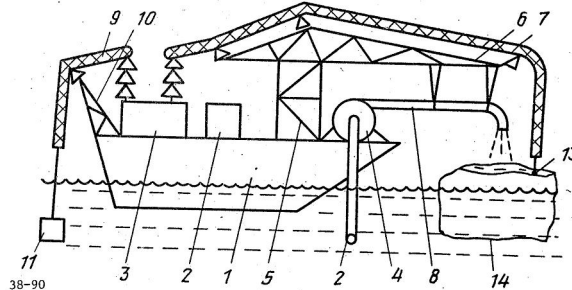


Рис.1 - 2

Изобретение предназначено для расширения навигационных сроков в полярных широтах и включает в себя установку для электрогидравлического разрушения ледяного покрова.

На рис. 1 – 1 приведена принципиальная электросхема установки, а на рис. 1 – 2 показана схема установки в процессе работы.

Установка размещена на борту судна 1 ледокольного типа и включает в себя энергоустановку 2, блок электропитания 3, насосную установку 4, опору 5 со стрелой 6, на которой вынесены конец кабеля 7 от блока электропитания 3 и конец шланга 8 от насосной установки 4. Конец кабеля 9 противоположного полюса с помощью дополнительной опоры 10 опущен в воду за бортом и там присоединен к пластине - электроду 11. Конец шланга 12 от всасывающего патрубка насосной установки 4 также опущен в воду за борт и служит водозабором. На конце кабеля 7 присоединен массивный электрод 13, например, шарообразной формы, который размещается на разрушаемой льдине 14.

При подходе судна к льдине 14 насосной установкой 4 забортная вода заливается на льдину 14, на неё устанавливается электрод 13 и включается электрический разряд по поверхности льдины 14 и её микротрещинам, который разрушает её на мелкие куски, позволяя судну продолжать продвижение по курсу до встречи с очередной льдиной 14 для повторения способа по описанному.

2. Электроискровой пflug по патенту № 1428225 РФ [7]

Изобретение позволяет развивать высокую производительность на переувлажненных плантациях и предназначено для безотвальной обработки почвы.

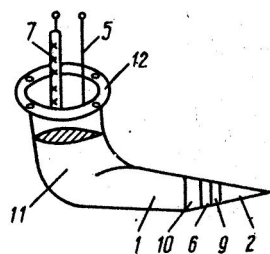


Рис. 2 – 1

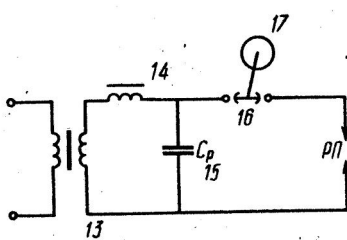


Рис. 2 – 2

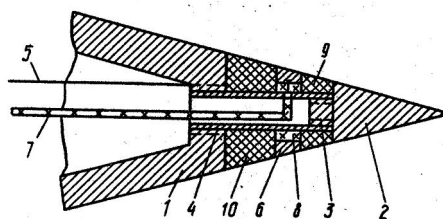


Рис. 2 – 3

На рис. 2 – 1 показан общий вид пуга сбоку, на рис. 2 – 2 - его принципиальная электросхема, а на рис. 2 – 3 - продольный разрез корпуса пуга по оси.

Пуг состоит из корпуса 1, на котором размещен конический электрод 2, электрически соединенный пробкой 3, трубкой 4 и проводом 5 с источником электропитания на борту машины. Вторым электродом в виде кольца 6 с выводом 7 на изоляторе 8 и изолирующих прокладках 9 и 10 образует с первым электродом 2 электроразрядную пару. Корпус 1 пуга прикреплен к несущей стойке пуга (не показана) с помощью вертикального ножа 11 с бортиком 12. Источник электропитания состоит из типового генератора переменного тока (не показан), трансформатора 13, дросселя 14, батареи конденсаторов 15 и формирователя разрядов 16 с двигателем 17.

При включении электропитания на заглубленный пуг между электродами 2 и 6 с частотой, определяемой скоростью вращения двигателя 17, осуществляются электрические разряды через почвенный слой, ударные волны от которых разрыхляют почву, одновременно облегчая продвижение пуга по ходу машины.

Регулируя скорость разрядов и величину электрического напряжения в зависимости от конкретных условий эксплуатации, достигается оптимальный режим обработки почвы.

3. Электрогидравлический судовой движитель по патенту № 1213645РФ [8].

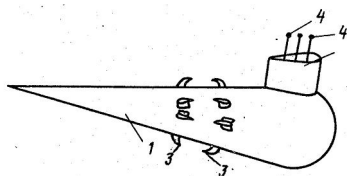


Рис. 3 – 1

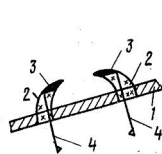


Рис.3 – 2

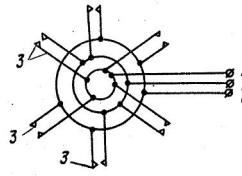


Рис. 3 - 3

Изобретение предназначено для сообщения движения судам преимущественно подводного типа. На рис.3 – 1 показан общий вид движителя сбоку, на рис.3 – 2 показана схема монтажа разрядных электродов, а на рис. 3 – 3 приведена принципиальная электросхема движителя.

Движитель содержит обтекаемый корпус 1, на конической части которого в пробках 2 размещены электроразрядники 3 с выводами 4, соединенные с источником многофазного электрического напряжения на борту судна. Схема соединения разрядников 3 выполнена фазными парами с диаметрально противоположных сторон корпуса 1.

При включении электропитания на разрядники 3 между электродами через воду возникают электрические разряды, ударные волны которых одновременно с противоположных сторон корпуса 1 осуществляют давление на его коническую поверхность, создавая тягу по оси корпуса в течение всего времени электропитания.

3. Сопло ракетного двигателя по патенту № 2041376 РФ[9].

Изобретение предназначено для повышения тяги реактивных двигателей различных конструкций и может быть использовано в космонавтике и реактивной авиации с целью снижения расхода рабочего вещества, например, в условиях применения в качестве бортовых энергоустановок ядерных реакторов.

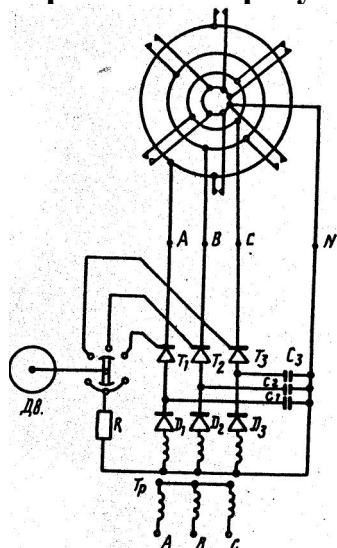


Рис. 4 – 1

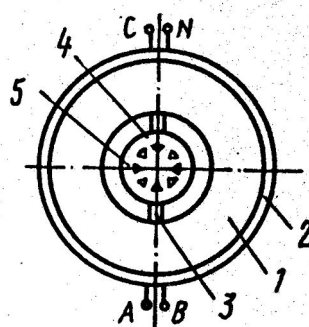


Рис. 4 – 2

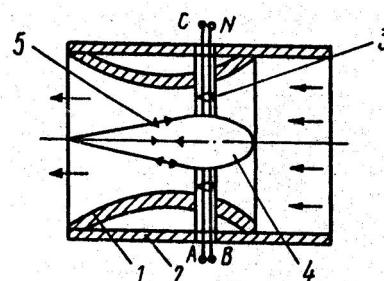


Рис. 4 – 3

На рис. 4 – 1 показана принципиальная электросхема сопла, а на рис. 4 – 2 и рис. 4 - 3 соответственно поперечный и продольный разрезы сопла диаметрными плоскостями.

Сопло 1 сверхзвукового профиля размещено в корпусе 2, внутри сопла 1 на кронштейнах 3 обтекаемого сечения соосно укреплен отражатель 4 обтекаемого профиля основанием к выходу сопла 1. По кольцевому сечению отражателя 4 на его конической части размещены электроразрядные пары электродов 5 многофазной системы по две однофазных пары электродов с диаметрально противоположных сторон отражателя 4, которые соединены с источником многофазного импульсного тока на тиристорах T_1, T_2, T_3 , в цепь управления которых включен формирователь разрядов с регулируемой частотой (скважностью), например, с помощью управляемого электродвигателя Дв. с коммутационной системой в цепи управления тириستоров.

При включении электропитания разрядников 5 на отражателе 4 между электродами фазных пар через рабочую среду реактивной струи осуществляются электрические разряды в заданной посредством управляемой двигателем Дв. скважности. В результате давления ударных волн от электрических разрядов одновременно с противоположных диаметрально сторон отражателя 4 возрастает тяга двигателя с соответствующим увеличением скорости истечения

реактивной струи из сопла 1.

5. Насос электрогидравлический по заявке № 4167272 /29 Роспатента [1]

Насос предназначен для создания напора в агрессивных рабочих средах, поэтому может быть использован в электрометаллургии алюминия, в энергетике для гидрозолаудаления и т.п.

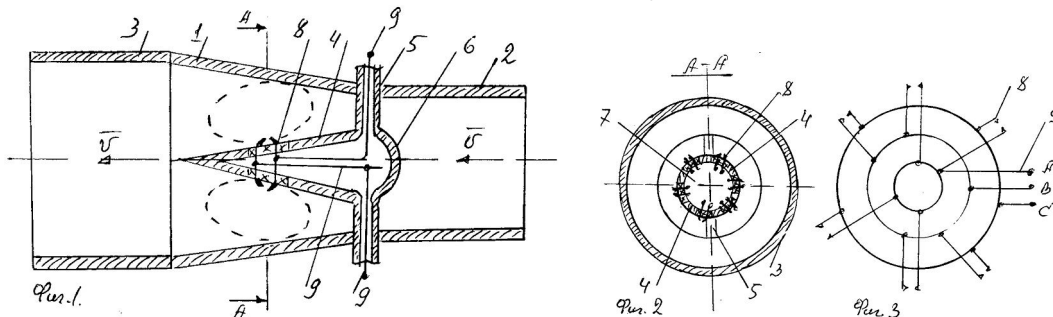


Рис. 5–1 (Фиг.1 с.41 по [1]) Рис. 5–2 (Фиг.2 с.41 по [1]) Рис. 5–3 (Фиг.3 с.41 по [1])

На рис. 5 – 1 показан продольный разрез насоса по его оси, на рис. 5 – 2 показан поперечный разрез отражателя по кольцевому сечению разрядников, а на рис. 5 – 3 приведена принципиальная электросхема насоса.

Насос состоит из конического корпуса 1 с входом 2 и выходом 3, внутри которого соосно размещен конический отражатель 4 на кронштейнах 5 обтекаемого сечения, снабженный сферическим основанием 6. Направления растворов конусов корпуса 1 и отражателя 4 выполнены противоположными, образуя рабочую камеру между двумя коническими поверхностями 1 и 4. На отражателе 4 в электроизолирующих пробках 7 укреплены электроразрядные фазные пары электродов 8, соединенные диаметрально противоположными парами к соответствующим фазам многофазного источника электропитания с помощью электроизолированных проводов 9 в полостях кронштейнов 5.

При включении электропитания на разрядники 8 ударные волны от электрических разрядов через рабочую среду создают с противоположных сторон отражателя 4 общий фронт в направлении выхода из насоса, проталкивая рабочую среду вдоль канала насоса.

6. Электрогидравлический прожектор по заявке № 3884509 /25 Роспатента [1]

Изобретение представляет собой мощный излучатель акустических волн, генерируемых электрогидравлическими разрядами, поэтому оно может быть использовано для подводных разработок грунта, при расчистке фарватеров, взлома ледовых покровов и т.п. работ.

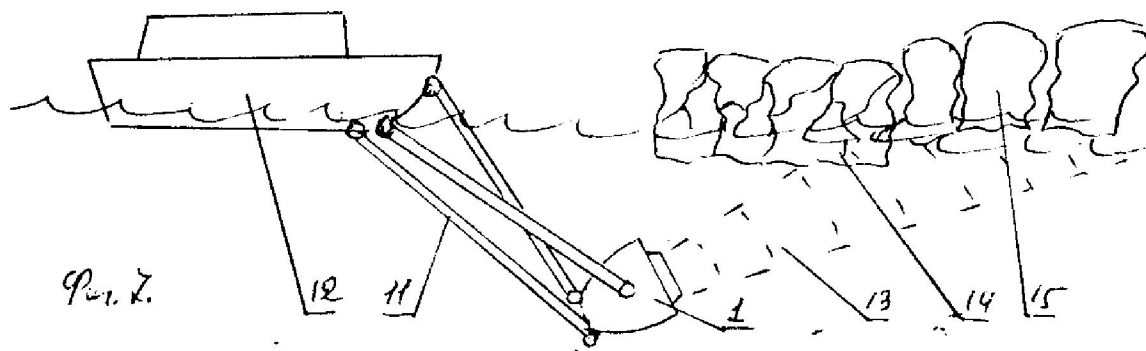


Рис. 6 - 1(Фиг.7 с.85 по [1])

На рис. 6 – 1 показан вариант схемы работы прожектора в качестве ледолома , на рис. 6 – 2, рис. 6 - 3 и рис.6 - 4 соответственно показаны общий вид сбоку корпуса

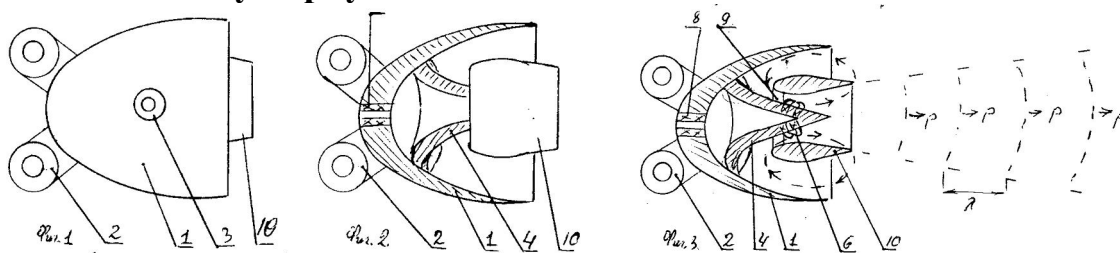


Рис. 6-2 (Фиг.1 с.85 по [1]) Рис. 6-3 (Фиг.2 с.85 по [1]) Рис. 6-4 (Фиг.7 с.85 по [1])

прожектора, разрез по оси прожектора (сопло на рис. 6-3 условно не разрезано) и схема образования луча ударных волн , на рис. 6 – 5 и рис. 6 – 6 показаны схема монтажа электродов на отражателе и внешний вид сбоку отражателя с электродами, а на рис. 6 – 7 принципиальная электросхема прожектора.

Прожектор состоит из корпуса – чаши 1 с проушинами 2 и цапфами 3. Внутри корпуса 1 соосно укреплены отражатель 4 конической формы с электроизолирующими пробками 5, в которых укреплены электроды 6 разрядных пар с выводами 7 через электроизолирующий канал 8 к источнику электропитания на борту судна.

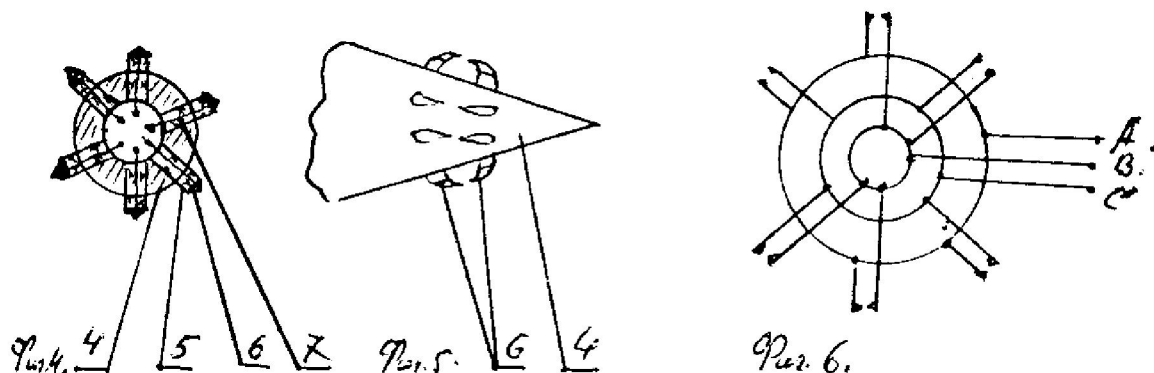


Рис. 6-5 (Фиг.4 с.85 по [1]) Рис. 6-6 (Фиг.5 с.85 по [1]) Рис. 6-7 (Фиг.6 с.85 по [1])

На отражателе 4 вокруг электродов 6 с помощью кронштейнов 9 укреплено сопло 10 со стенками обтекаемого сечения. С помощью

штанг 11 и гидропривода прожектор в сборе устанавливается по месту применения, например, на борту судна 12 и т. п.

При включении электропитания на разрядники 6 в них осуществляются электрические разряды через воду, образуя ударные волны, которые в результате отражения от поверхностей отражателя 4 и сопла 10 образуют общий фронт в направлении раствора корпуса 1, а гидротоки, циркулируя внутри сопла 10 и вне его, компенсируют друг друга. В результате прожектор создаёт акустический луч давления в направлении из раствора корпуса 1.

7.Электроразрядный пистолет по заявке № 92006414/28 Роспатента [10].

Изобретение относится к пневмоинструменту и предназначено для обработки различных материалов, поэтому оно может быть использовано для выполнения отверстий в железобетонных изделиях, в горнорудных разработках, на дорожных работах и т. п. На рис. 7-1 показана

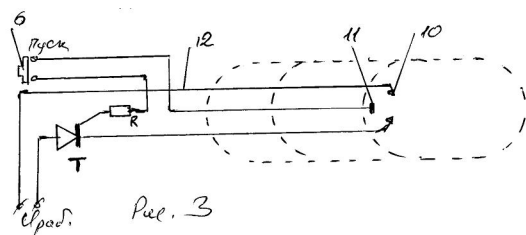


Рис. 7 - 1(Фиг.3 с.85 по [1]) принципиальная электросхема

электроразрядного пистолета, на рис.7-2 и рис.7-3 соответственно показаны продольный разрез цилиндра и корпуса пистолета и его общий вид сбоку. Пистолет состоит из направляющего цилиндра 1 со штангами 2, снабженного рукоятками 3 и 4 манипулирования и соединенных с блоком 5 управления электропитанием, имеющего пусковую кнопку 6 на рукоятке 4. В цилиндре 1 размещен с возможностью скольжения полый баллон 7, внутри которого размещен с возможностью возврата – поступательного скольжения поршень 8 снабженный электроизолирующей пробкой 9 и разрядником 10 с формирователем разрядов 11, соединенных с блоком 5 управления электропитанием электроизолированными гибкими проводами 12 через электроизолирующую пробку 13 в стенке баллона 7 и пневмокамере 14 между поршнем 8 и стенкой баллона 7.

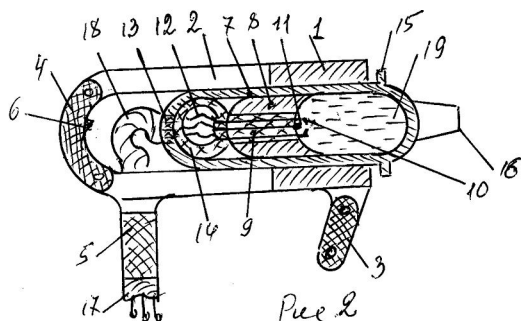


Рис. 7 – 2 (Рис.2 по [10])

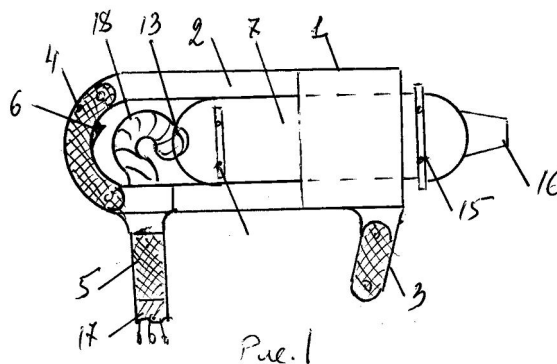


Рис. 7 – 3 (Рис.1 по [10])

На внешней поверхности баллона 7 размещены ограничители 15 в виде полуколец, спереди корпуса 7 выполнен конический держатель 16 рабочего инструмента. Резистор R и тиристор T в схеме управления электропитанием пистолета соединены с источником электропитания типовым кабелем 17, петля 18 которого между блоком 5 и баллоном 7 выполнена гибкой из многожильных проводов. Электрод 11 формирователя разрядов включен последовательно с пусковой кнопкой 6 в цепь управления тиристора T схемы управления электропитанием пистолета. Полость баллона 7 над поршнем 8 заполнена рабочей жидкостью.

С помощью рукояток 3 и 4 манипулирования пистолет с рабочим инструментом на держателе 16 прижимают к обрабатываемой поверхности и нажимают пусковую кнопку 6, которая замыкает цепь управления тиристора T, открывая его для электропитания разрядника 10. После электрического разряда между электродами разрядника 10 через рабочую жидкость вокруг электродов 10 образуется паро-газовый пузырь электро-гидравлического эффекта, ударная волна которого по сферическому фронту раздвигает полость жидкости 19, отодвигая поршень 8 в противоположный край баллона 7, а сам баллон 7 при этом смещается вместе с рабочим инструментом на держателе 16 в обратном направлении. После расширения паро-газового пузыря вокруг разрядника 10 до электрода 11 формирователя разрядов цепь управления тиристора T прерывается, тиристор запирается и при схлопывании паро-газового пузыря поршень 8 и баллон 7 возвращаются в первоначальные положения. Так как жидкость 19 после завершения фазы ЭГЭ снова замыкает цепь управления через электрод 11 формирователя разрядов, то при замкнутой кнопке 6 процесс работы повторяется автоматически.

Так как при смещении поршня 8 и баллона 7 центр масс пистолета остаётся неподвижным, то колебания баллона 7 с рабочим инструментом на держателе 16 не

передаются направляющему цилиндру 1 с рукоятками 3 и 4 манипулирования, обеспечивая вибробезопасность пистолета.

8. Пневмо–электрогидравлический двигатель по патенту № 2027064 РФ[11]

Двигатель является немагнитной электромашиной и поэтому может быть использован в электроприводах машин и механизмов в различных отраслях техники, позволяя улучшать общие массово-габаритные показатели установок.

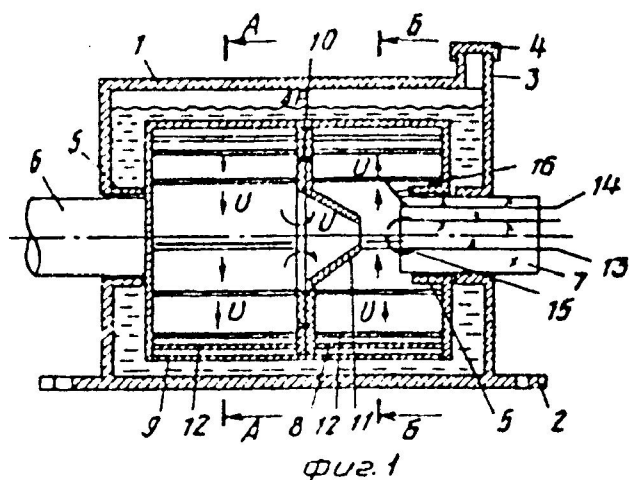


Рис. 8 – 1 (Фиг.1 по [11])

На рис. 8-1, рис. 8-2 и рис. 8 – 3 показаны соответственно продольный разрез по оси двигателя и сечения по А – А и по Б – Б рис. 1, а на рис. 8 – 4 показана его принципиальная электросхема.

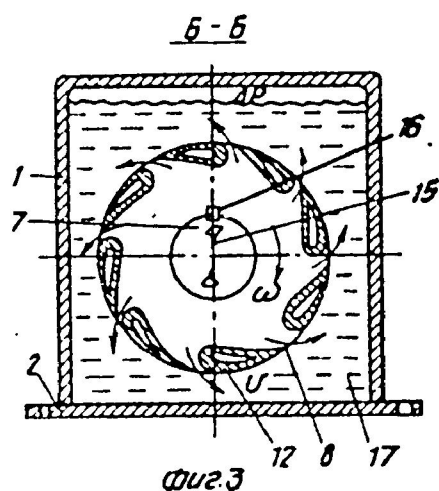


Рис. 8 – 21 (Фиг.3 по [11])

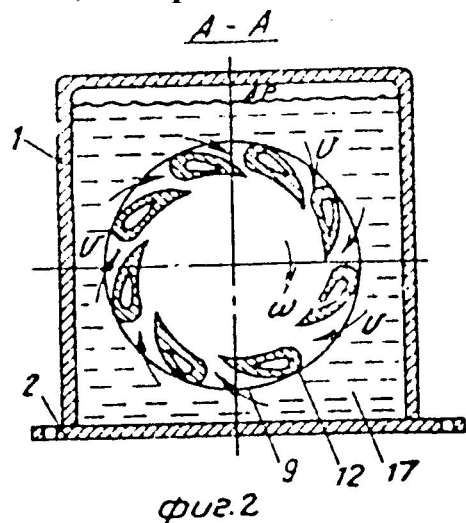


Рис. 8 – 3 (Фиг.2 по [11])

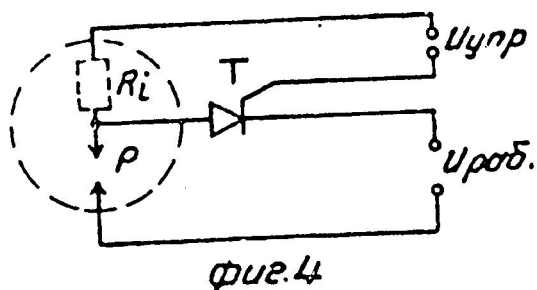


Рис. 8 – 4 (Фиг.4 по [11])

Двигатель состоит из корпуса 1 в виде емкости на основании 2 и патрубка 3 с крышкой 4. В корпусе 1 в подшипниках 5 скольжения с гидравлическим уплотнением на валу 6 и электроизолирующей пробке 7 размещен ротор из рабочей 8 и вспомогательной 9 ступеней, соединенных между собой заклёпками 10 и коническим соплом 11 в ступени 8. Лопасты 12 ступеней 8 и 9 имеют обтекаемый профиль и ориентированы в противоположных направлениях. Через пробку 7 с выводами 13 и 14 разрядник 15 с формирователем 16 разрядов подключен к источнику электропитания в виде типового генератора импульсного тока. Полость корпуса 1 заполнена рабочей жидкостью 17 с образованием над поверхностью жидкости 17 воздушной подушки.

При включении электропитания формирователь 16 разрядов открывает цепь электропитания разрядника 15, ударная волна вокруг которого вытесняет рабочую жидкость через сопло 11 из ступени 9

в ступень 8 и через сопла-щели между лопастями 12 в ступень 9 из ступени 8, создавая лопастями 12 реактивный момент вращения ротора на валу 6, с которого отбирается мощность на исполнительный механизм.

Так как после фазы схлопывания ЭГЭ рабочая жидкость снова заполняет полость ступеней 8 и 9, замыкая через себя цепь формирователя 16 разрядов, то рабочий цикл по описанному повторяется автоматически в течение всего времени электропитания двигателя.

Таким образом, описанные выше примеры, число которых можно увеличивать по конкретным техническим заданиям, изобретений с использованием ЭГЭ достаточно убедительно показывают высокую эффективность этого нового конструктивного решения.

Литература:

- 1.Вертинский П.А. II. Электрогидравлика, г. Усолье-Сибирское, 1996, 144 с.
- 2.Вертинский П.А. Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта // Сб. матер. V «Сибресурс-2002», Иркутск, ИГЭА, 2002,стр.49.
- 3.Вертинский П.А. Электрогидравлическая трубопроводная магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением как принципиальная техническая основа решений природоохранных задач//Сб. мат.VI «Сибресурс-2003», Иркутск, БГУЭП, 2003,стр.296-307.
- 4.Вертинский П.А. Возможные пути обеспечения экологической безопасности технологий в электрометаллургии алюминия // Сб. матер. VI «Сибресурс-2003», Иркутск, БГУЭП, 2003 ,стр.273-282.
- 5.Вертинский П.А. Экологические проблемы энергетики и перспективы их решений // ж.. «Механизация строительства» № 3 / 2004, стр.17 – 22.
6. Вертинский П. А. Способ разрушения ледяного покрова // Патент № 1600204 РФ, БИ № 2/ 1995
7. Вертинский П.А. Электроискровой плуг // Патент № 1428225 РФ, БИ № 37/ 1988
8. Вертинский П.А. Электрогидравлический судовой движитель//Патент №1213645 РФ, БИ № 2/ 1995
- 9.Вертинский П.А. Сопло ракетного двигателя // Патент № 2041376 РФ,БИ № 22/ 1995.
- 10.Вертинский П.А. Электроразрядный пистолет по заявке № 92006414/28 Роспатента /ИЛ № 36/93, ЦНТИ, г. Иркутск, 1993.
- 11.Вертинский П.А. Пневмо – электрогидравлический двигатель // Патент № 2027064 РФ, БИ № 2/ 1995

04. ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ТРУБОПРОВОДНАЯ МАГИСТРАЛЬ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ КАК ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ОСНОВА РЕШЕНИЙ ПРИРОДООХРАННЫХ ЗАДАЧ

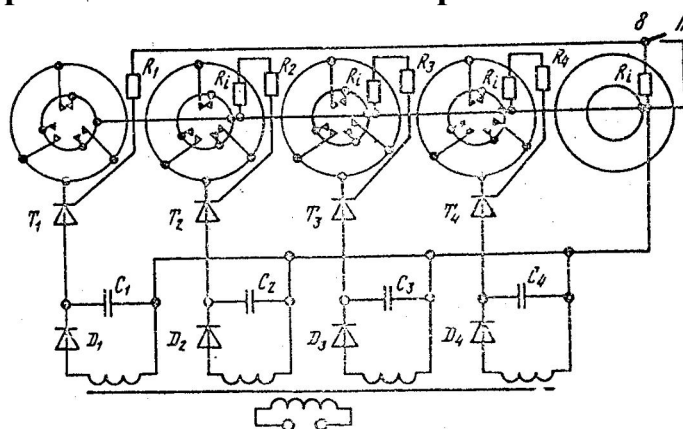
I. Вступление.

Автору уже пришлось в прошлом году на этой конференции «Сибресурс-2002» доказывать теорему о фронте ударной волны кумулятивного характера, но здесь необходимо снова привести ее формулировку:

Суперпозиция ударных волн в среде путем включения очередного источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от предыдущего источника образует результирующий фронт волны кумулятивного характера. /1/

I-1. Электрогидравлические насосы.

В качестве практического приложения этой теоремы здесь рассмотрим серию электрогидравлических насосов /2/, так как все они могут быть представлены одной и той же принципиальной электросхемой, изображенной на рис. I-1. В сущности такая принципиальная электросхема с блоком электропитания



представляет собой генератор импульсного тока с отдельными батареями конденсаторов для разрядников. Конструктивно такая электросхема может быть выполнена как показано на рис. I-2 и рис. I-3, а некоторые возможные

формирователи разрядов показаны на рис. I-4, рис. I-5 и рис. I-6 /2/. Насос содержит корпус 1, блок электропитания, разрядные устройства 2, размещенные в электроизолирующих пробках по три равномерно по круговым сечениям корпуса 1. Формирователи 3 разрядов могут быть выполнены в виде тензорезисторов полупроводникового типа с выводами 4 через пробку разрядника 2, либо в виде пьезоэлектрического датчика, размещенного аналогично, либо в виде проводникового стержня 3 в пробке разрядника 2.

Насос содержит корпус 1, блок электропитания, разрядные устройства 2, размещенные в электроизолирующих пробках по три равномерно по круговым сечениям корпуса 1. Формирователи 3 разрядов могут быть выполнены в виде тензорезисторов

полупроводникового типа с выводами 4 через пробку разрядника 2, либо в виде пьезоэлектрического датчика, размещенного аналогично, либо в виде проводникового стержня 3 в пробке разрядника 2.

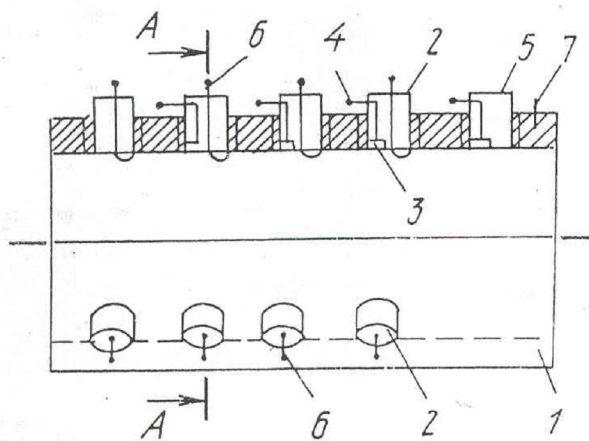


Рис. I-2. Продольный вид корпуса с ? выреза радиальными плоскостями (Фиг.1 по источнику 3)

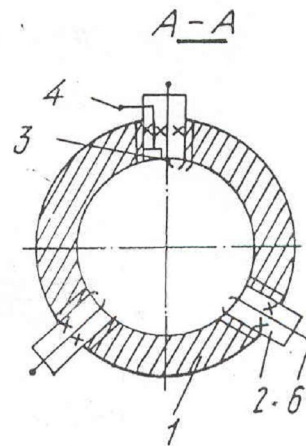


Рис. I-3. Поперечный насоса разрез корпуса насоса (Фиг.2 по источнику 3)

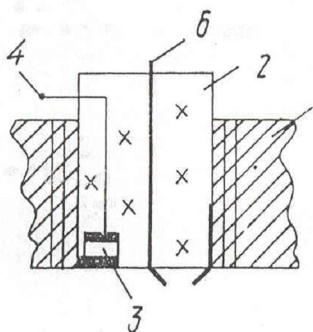


Рис. I-4 Продольный разрез формирователя разрядов тензорезисторного типа (Фиг.3 по источнику 3)

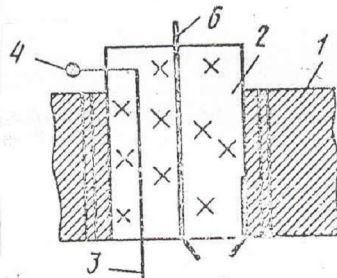


Рис. I-5. Продольный разрез формирователя разрядов электролитического типа (Фиг.4 по источнику 3)

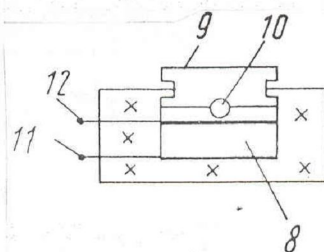


Рис. I 6. Поперечный разрез пускового формирователя (Фиг.5 по источнику 3)

Насос содержит корпус 1, блок электропитания, разрядные устройства 2, размещенные в электроизолирующих пробках по три равномерно по круговым сечениям корпуса 1. Формирователи 3 разрядов могут быть выполнены в виде тензорезисторов полупроводникового типа с выводами 4 через пробку разрядника 2, либо в виде пьезоэлектрического датчика, размещенного аналогично, либо в виде проводникового стержня 3 в пробке разрядника 2.

Формирователь 3 разрядов любого типа для первой группы разрядников 2 размещен на отдельном держателе 5 после последней группы разрядников 2 на расстоянии , не менее радиуса корпуса 1. Все разрядники 2 имеют выводы 6 от одного из электродов пары,

а вторым выводом служит металл корпуса 1 с общим выводом 7. В случае возможного исполнения корпуса 1 из диэлектрика каждый разрядник 2 имеет свой вывод, соединенный с клеммой 7. Пусковой формирователь 8 разрядов в виде тензорезистора или пьезоэлектрика с клавишей 9 и шариком 10 имеет выводы 11 и 12, соединенные параллельно первому формирователю 3 разрядов.

При включении электропитания на разрядники 2 ударные волны распространяются вдоль канала насоса, своим давлением по фронту воздействуют на формирователи 3 разрядов очередных разрядников 2, включая их в моменты прохождения фронта ударной волны через них, поддерживая таким образом работу насоса на протяжении всего периода работы схемы электропитания.

II. Трубопроводная магистраль

с отрицательным гидравлическим сопротивлением.

Из описания устройства и работы электрогидравлических насосов ясно, что между собой насосы этой серии конструктивно отличаются лишь исполнением формирователей разрядов, которые могут быть тензорезисторными (рис. I-4), пьезоэлектрическими или электролитическими (рис. I-5).

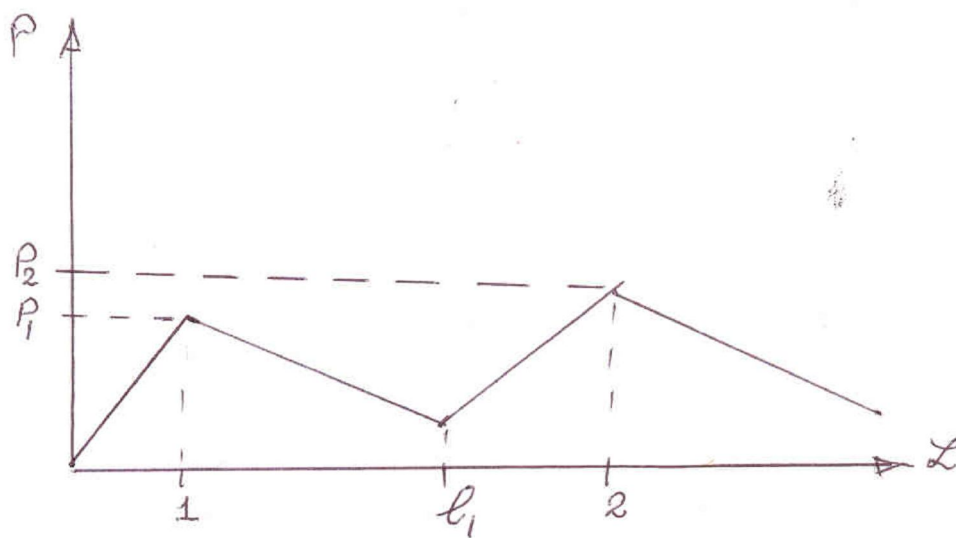


Рис. II-1. Диаграмма давления в трубопроводной магистрали, содержащей серию ЭГН.

Независимо от конструктивного исполнения /3/, /4/, /5/ формирователей разрядов, которое сказывается на эксплуатационных характеристиках насосов, определяя производительность, напор и др. параметры, все насосы данной серии являются трубопроводами с отрицательным гидравлическим сопротивлением. Более того, если представить себе последовательную серию таких насосов, соединенных между собой

отрезками труб, то при выполнении условия, чтобы: $P_2 > P_1$ (1), можно получить сколь угодно длинную трубопроводную магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением, как это следует из рис. II-1. Действительно, так как на графике давление P_1 и P_2 в магистрали на участках 1 и 2 соответствуют работе двух соседних насосов, когда второй ЭГН включен в магистраль последовательно первому ЭГН на таком расстоянии от него, чтобы давление на входе второго ЭГН было больше нуля, то в результате на выходе второго

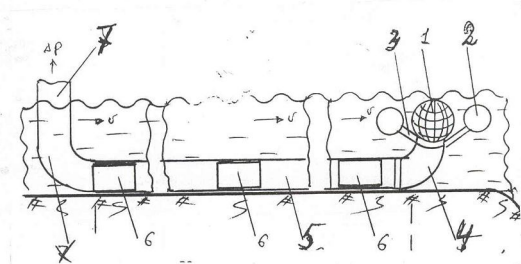


Рис. II-2. Схема размещения трубопровода с включенными последовательно ЭГН.

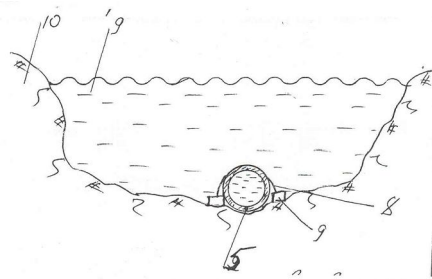


Рис. II-3. Вертикальное сечение рис. II-2.

ЭГН давление будет удовлетворять условию (1).

Реализацию такой магистрали можно представить в виде водозаборной установки, показанной на рис. II-2. и рис. II-3.

Такая установка /2/ содержит сетчатый оголовок 1 с поплавками 2 на кронштейнах 3 и гибкий трубопровод 4 ниже уровня воды в водоеме, соединенный с водоводом 5 по дну водоема. В водоводе 5 через заданные интервалы размещены ЭГН - 6 с общим электропитанием по электрическому кабелю, проложенному параллельно водоводу. (Кабель на рисунках не показан.) Вывод 7 установки выполнен по месту назначения в виде туннеля или колодца. Закрепление водовода 5 на дне водоема выполнено с помощью хомутов 8 с якорями 9, например, башмачного типа и т.п. /2/.

III. Электрогидравлический канал по патенту РФ № 2027076 / 6/.

Природоохранное назначение описанной выше водозаборной установки как примера трубопроводной магистрали с отрицательным гидравлическим сопротивлением не вызывает сомнений, но производительность установки ограничена сечением водовода. Этого ограничения можно избежать, если в качестве самой магистрали использовать русло реки, течение которого может быть ускорено или замедлено с помощью ЭГН открытой конструкции, которая представлена на рис. III-1, рис. III-2 и рис. III-3. Насос /6/ состоит из канала с бортами 1 и днищем 2 волнообразного профиля, поверхность которого образована поперечными потоку канавками - углублениями 3,

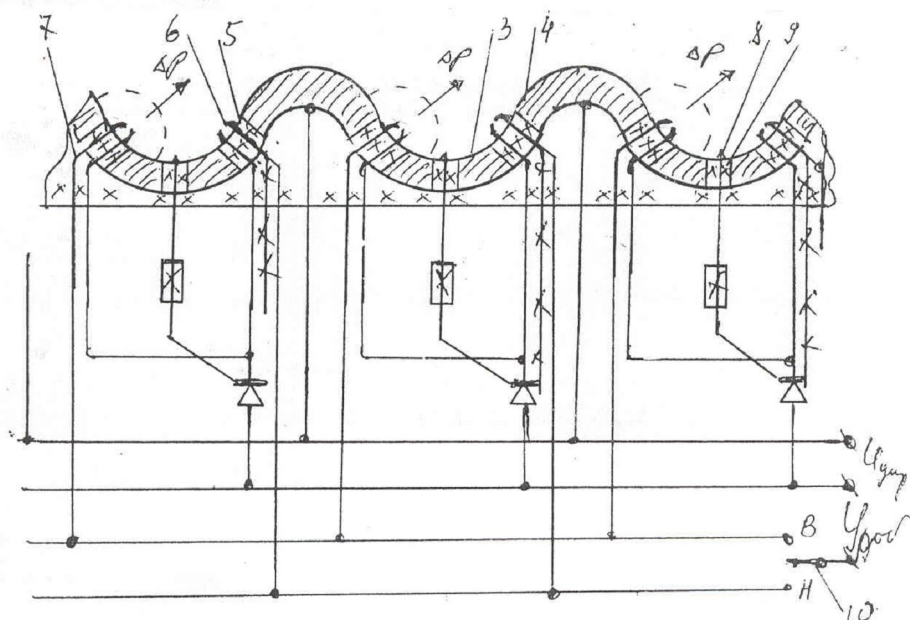


Рис.III-1. Вертикальный разрез сверху со схемой электропитания. (Фиг. 1 по [6])

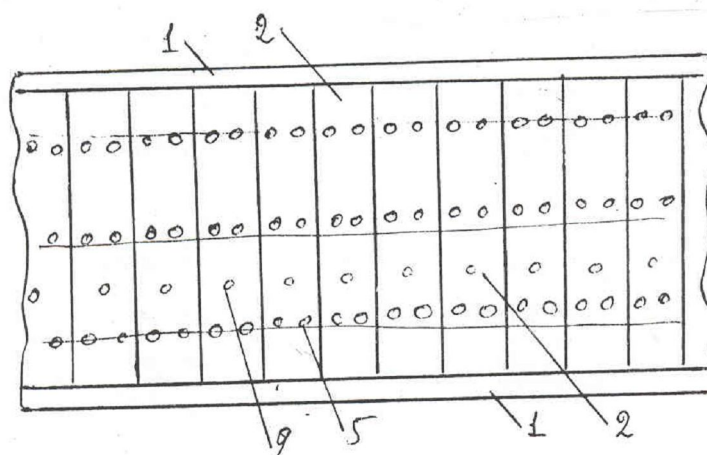
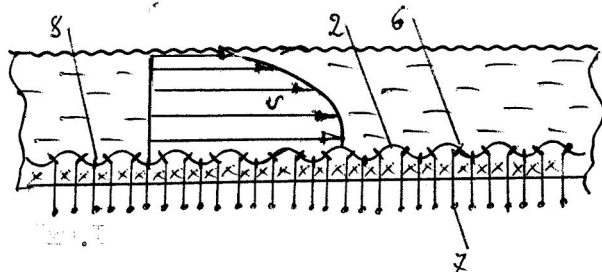


Рис.III-2. Вид дна насоса сверху. (Фиг.2 по [6])

на боковых склонах 4 которых в пробках 5 размещены разрядники 6 с выводами 7 через днище 2 к сети электропитания, выполненной на тиристорах, в цепь управления которых включены формирователи 8 разрядов в виде стержней, размещенных в пробках 9 на дне



углублений 3. Переключатель 10 рядов разрядников определяет направление потока, включая в работу разрядники с заданной стороны углублений 3. При включении напряжения электропитания в заданном

Рис.III-3. Годограф скорости потока по сечению канала. (Фиг.3 по источнику 6)

положении переключателя 10 формирователи 8 разрядов замыкают цепь управления тиристорной схемы электропитания разрядников 6, ударные волны вокруг которых выбрасывают рабочую среду в заданном направлении по ходу потока в течение всего периода электропитания.

IV.Мобильная трубопроводная магистраль.

Описанный выше открытый электрогидравлический канал по патенту РФ №2027076 можно представить себе в качестве дополнительного водосброса в период паводков на площади бассейна переполненной реки, но этот же принцип образования гидропотока возможно использовать и в трубопроводной магистрали. Действительно, если трубопроводная магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением, описанная ранее по п.II, может функционировать лишь в погружном режиме, то есть при наполнении канала ЭГН по всему сечению, когда формирователи разрядов могут включать все разрядники сечения канала насоса, то работа открытого электрогидравлического канала возможна без этого ограничения.

IV-1.Электроразрядный реверсивный насос по заявке № 93055246 /2/.

Представим себе канал трубы, как это показано на рис.IV-1 и рис.IV-2, а принципиальную электросхему на рис.IV-3. Этот реверсивный электроразрядный насос состоит из трубчатого многоступенчатого корпуса 1, внутри которого размещены ступени парных отражателей 2 конической формы, соединенных в паре наибольшими растворами конических корпусов. На отражателях 2 размещены пары электроразрядных электродов 3 в виде колец с выводами 4 через пробки 5 к схеме электропитания. По стыкам больших растворов конических отражателей 2 размещены в пробках 6 формирователи 7 разрядов в виде стержней с выводами 8 к схеме электропитания. На концах корпуса 1 выполнены штуцеры 9. По стыкам ступеней запасные отверстия под пробки 5 закрыты заглушками 10.

Как ясно из принципиальной электросхемы, формирователи 7 разрядов включены в цепь управления тиристорной схемы электропитания с переключателем 11 направления гидропотока.

При включении электропитания ударные волны от электроразрядов, распространяясь в заданном направлении от отражателей 2, перемещают рабочую среду по направлению в соответствии с положением переключателя 11. По заявке № 93055246 /29 автором получено решение Роспатента о выдаче патента РФ на изобретение под названием «электроразрядный реверсивный насос»

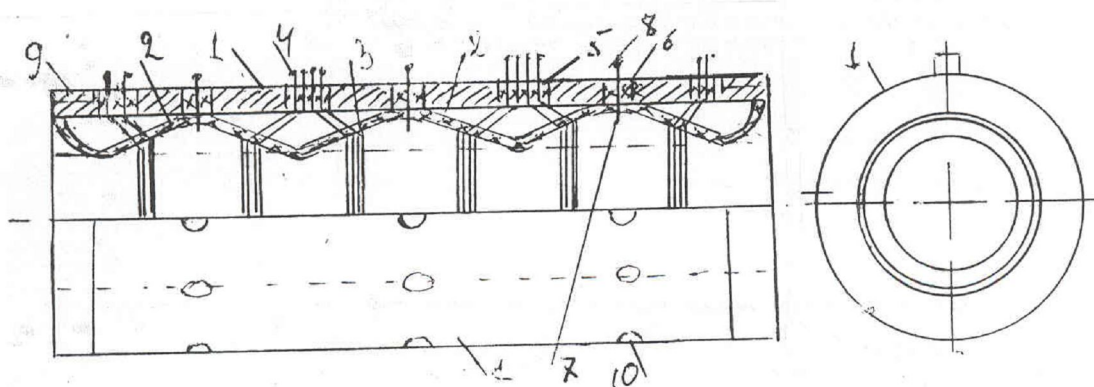


Рис.IV-1. Вид сбоку реверсивного насоса с ?
выреза радиальными плоскостями

Рис.IV-2. Вид с торца рис. IV-1.

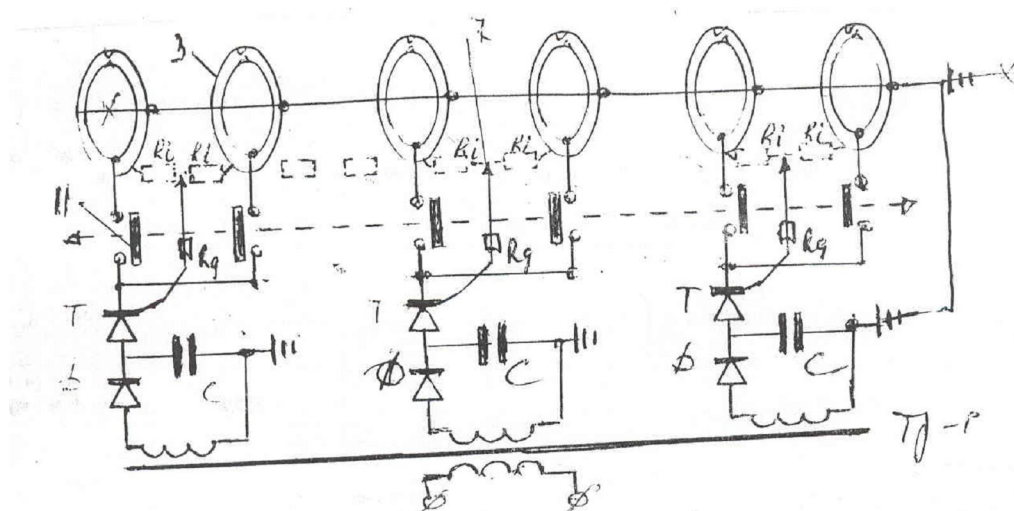
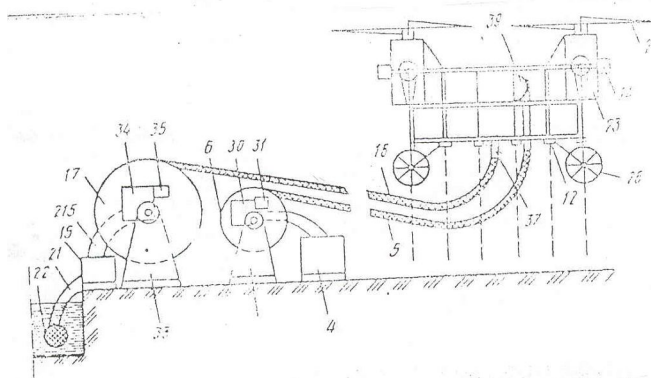


Рис.IV-3. Принципиальная электросхема
реверсивного электроразрядного насоса,

Таким образом, как ясно из описания работы такого реверсивного электроразрядного насоса, конструктивное исполнение разрядников в виде колец на конических отражателях позволяет не только осуществить изменение направления потока рабочей среды, но и обеспечивает устойчивую работу насоса при частичном заполнении канала рабочей средой. Другими словами, трубопроводная магистраль, включающая в себя последовательную серию подобных ЭГН, будет не только обладать отрицательным гидравлическим сопротивлением, но и сможет работать, будучи проложенной по поверхности земли, например, в виде гибкого шланга. В свою очередь, возможность применения гибких шлангов для трубопроводных магистралей с отрицательным гидравлическим сопротивлением открывает широкие перспективы для решения различных природоохранных задач.

IV-2. Аэродинамические дождевальные установки.

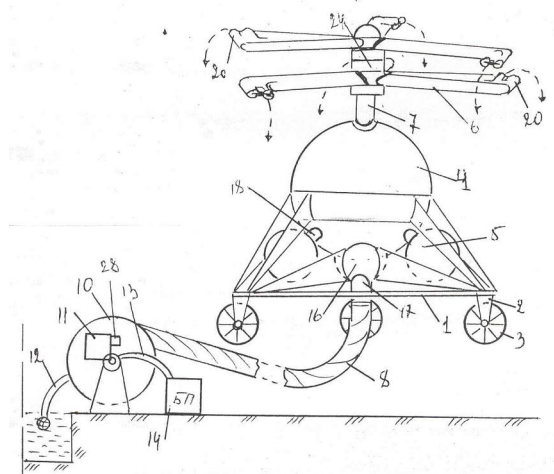
Для иллюстрации практического использования трубопроводной магистрали с отрицательным гидравлическим сопротивлением в виде мобильной трубопроводной магистрали здесь можно привести



примеры дождевальных установок по патентам РФ № 1769401 и № 2063122, показанных на рис. IV-4 и рис. IV-5. Оба эти изобретения относятся к оросительной технике и предназначены для дождевания с заданной высоты, что предотвращает механические повреждения

Рис. IV-4. Вид сбоку дождевальной по патенту РФ № 1769401

по возделываемой культуре. Кроме того, принцип работы аэродинамических дождевателей открывает возможность их применения для пожаротушения лесов, степей, торфяных болот и других возгораний.



Как видно на рисунках, оба дождевателя установки по патенту РФ № 2063122 содержат специальные фермы, снабженные аэродинамическим движителями с электромагнитным (по патенту РФ № 1769401) или с электрореактивным (по патенту РФ № 2063122) приводами. На фермах размещены емкости с водой, с помощью гибких шлангов соединенные

Рис. IV-5. Вид сбоку дождевальной с водозаборными станциями. Установки по патенту № 2063122. Отличия между указанными дождевателями заключается не только в принципе работы электропривода аэродинамического движителя, но и в конструктивном исполнении гибких шлангов – водоводов и электрокабелей. Если по патенту РФ № 1769401 применены отдельные конструктивные элементы: гибкий шланг и электрокабель на отдельных барабанах, то по патенту РФ № 2063122 эти конструктивные элементы совмещены на общем барабане, устройство которого показано на рис. IV-6.

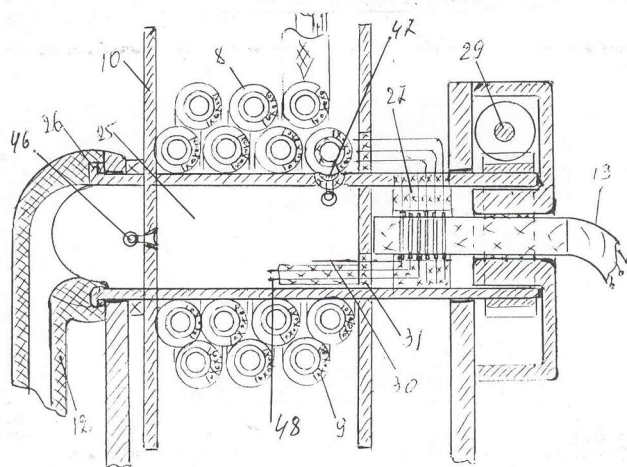


Рис.IV-6.Разрез диаметральной плоскостью барабана с гибким шлангом-кабелем по патенту РФ № 2063122.(Фиг.5 по источнику 8)

Как видно из рис.IV-6, жилы электрокабеля размещены в стенке шланга, диэлектрический материал которого одновременно служит и электроизоляцией между жилами. Не повторяя здесь подробного описания устройства и работы указанных дождевателей, необходимо заметить, что возможность их использования на значительных расстояниях от водоемов полностью определяется массовогабаритными показателями этих барабанов со шлангами-кабелями. При этом ясно, что простое увеличение длины таких шлангов даже путем последовательного соединения шлангов на нескольких барабанах не обеспечит нам увеличения радиуса действия дождевателей, так как гидравлическое сопротивление подобной магистрали пропорционально ее длине. Представим себе теперь, что промежуточные барабаны со шлангом-кабелем содержат в себе электроразрядные реверсивные насосы, описанные выше по п.IV-1. Тогда все наши барабаны с такими гибкими шлангами – кабелями станут электрогидравлическими трубопроводными магистралями с отрицательным гидравлическим сопротивлением, позволяя нам увеличивать радиус действия аэродинамических дождевателей до любых значений. Исполнение таких барабанов со шлангами-кабелями в виде транспортабельных установок, например, на автомобилях и др. позволит оперативно прокладывать трубопроводные магистрали до дождевателей на любом расстоянии от водоемов.

Таким образом, рассмотренные выше примеры применения электрогидравлических насосов различных конструкций позволяет нам обоснованно заключить, что это новое поколение насосного оборудования способно обеспечить решение многих технических задач, направленных на охрану окружающей природной среды.

Литература:

- 1.Вертинский П.А.Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта.// Материалы V рег.конф. «Сибресурс-2002», ИГЭА, Иркутск, 2002 г., стр. 49.**
- 2.Вертинский П.А. Электрогидравлика. г.Усолье-Сибирское, 1996 г.144с.**
- 3.Вертинский П.А.Электрогидравлический насос // Патент РФ№ 1770614, БИ № 39 / 92.**
- 4.Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 1824504, БИ № 24 / 93.**
- 5.Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 1830430, БИ № 28 / 93.**
- 6.Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 2027076, БИ № 02 / 95.**
- 7.Вертинский П.А. Дождевальная установка // Патент РФ № 1769401, БИ № 02 / 95.**
- 8.Вертинский П.А. Дождевальная установка // Патент РФ № 2063122, БИ № 19 / 96.**

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Вертинский Павел Алексеевич

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.07.2008. Формат 60 x 84 / 16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,0.

Уч.-изд. л. 5,25. Тираж 100 экз. Зак. 32к.

Отпечатано в типографии

Иркутского государственного технического университета

664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83