

Повышение эффективности электрогидравлических систем
с использованием кумулятивного электро-гидравлического эффекта
Вертинский П.А. г.Усолье-Сибирское
pavel-35@mail.ru

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/:

$$\frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} - \frac{1}{r} \text{grad}r \quad (1)$$

$$\text{div } \bar{v} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{dr}{dt} = 0 \quad (3)$$

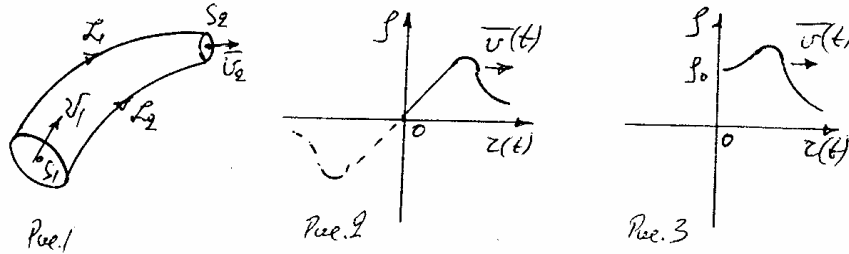
Для практических расчетов установившихся движений несжимаемой жидкости на основе уравнений (1),(2) и (3) широко используется первый интеграл Бернулли, частное решение которого для трубки тока как на рис.1 можно записать :

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{r} + gh = \text{Const} \quad (4)$$

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:

$$x = tc(r) + j(r) \quad (5)$$

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 – Гюгонио [1,3], которые для плоского случая в неподвижной системе координат могут быть представлены:

$$r_1 (D - U_1) = r_2 (D - U_2) \quad (6)$$

$$P_1 + r_1 U_1 (D - U_1) = P_2 + r_2 U_2 (D - U_2) \quad (7)$$

$$e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (8)$$

где: D - скорость ударной волны,

U - скорость среды,

r, 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

$$U_1 = 0 \quad (9)$$

имеем следствия: $r_1 D = r_2 (D - U_2) \quad (10)$

$$P_1 = P_2 + r_2 U_2 (D - U_2) \quad (11)$$

и $e_1 - e_2 = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (12)$

Отсюда следует вывод о том, что при условии образования ударной волны, то есть когда $D \neq 0 \quad (13)$

то имеет место $U_2 > 0 \quad (14)$

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 - Гюгио (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 – Гюгио, поэтому требуется доказывать на основании результатов новейших экспериментальных исследований :

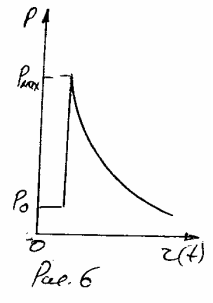
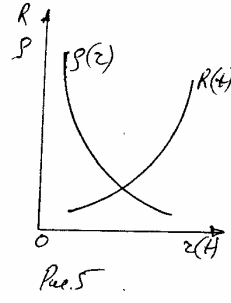
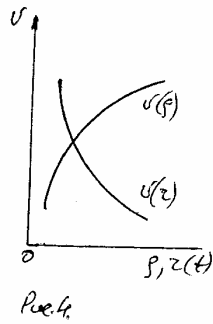
Суперпозиция волн в среде путем включения очередного источника в момент прохождения через него фронта ударной волны от предыдущего источника образует результирующий фронт волны кумулятивного характера.

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

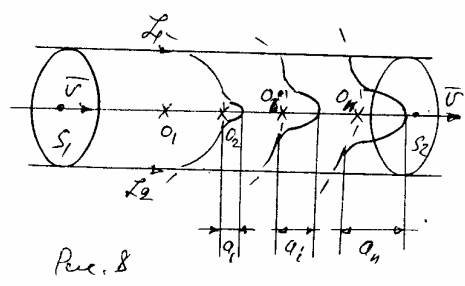
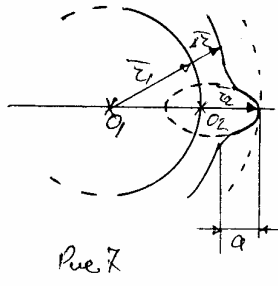
А. Теоретически /3/ и экспериментально /6/, /9/ и др. установлена зависимость скорости распространения возмущений в среде от плотности среды, которая представлена графически на рис. 4.

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 :

$$\Delta r_1 < r_2 \quad (15)$$

Так как скорость распространения волн внутри паро-газо-воздушного 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:

$$r_1 + r_2 > r_1 + \Delta r, \quad (16)$$

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:

$$a_1 < a_2 < a_3 \dots < a_n \quad (17)$$

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 формирователя 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

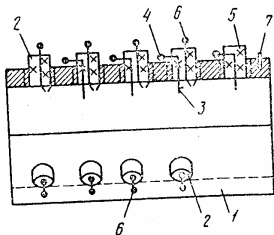


Рис. 9

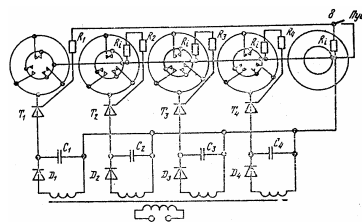


Рис. 10

электросхеме (см.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.

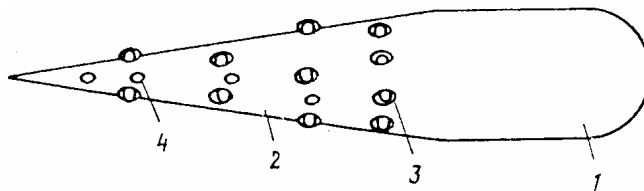


Рис. 11

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,

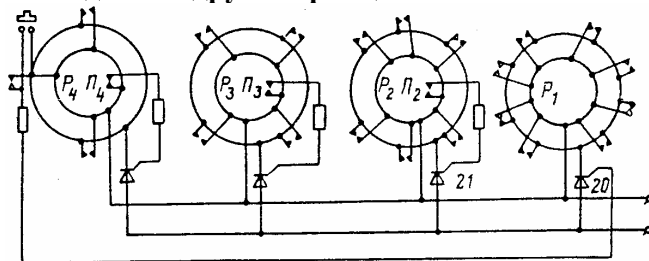


Рис.12

в которых используется новая возможность непосредственного превращения электроэнергии в механическую работу. В качестве подобных устройств автор разработал пилы (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. Электродвигательный эффект. М-Л., Машгиз,1955 г.стр.8 и др.
- 6.Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрический разряд в воде. М.,»Наука»,1971 г.
- 7.Несветайлов Г.А., Серебряков А.А. Теория и практика электро-гидравлического 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. Электродвигательный насос. Патент РФ N 1824504,1989 г.
- 11.Вертинский П.А. Электродвигательный судовой движитель. Патент РФ N 1483825, 1987 г.
- 12.Вертинский П.А. Электродвигатель.г.Усолье-Сибирское,1996