

Опубликовано по п. 46 Приложения №1
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭГЭ В ПРОВЕДЕНИ
ПОДЗЕМНЫХ И ПОДВОДНЫХ ГОРНОРУДНЫХ РАЗРАБОТОК**

Вертинский П. А. г. Усолье-Сибирское

pavel-35@mail.ru

Предисловие

Среди многочисленных критических публикаций экологического характера обращают на себя внимание выпуски общероссийской газеты «Зеленый мир», которая стремится наглядно показать и убедительно обосновать выводы и предупреждения экологов о недопустимости развития экологически опасных технологий, преимущественно применяемых в современной российской промышленности в погоне за сверхприбылями. Из подобных выпусков «Зеленого мира» можно указать многие публикации в №№ 13-14 (387-388), 15-16(389-390) 2002 года и др.

Из этих и других материалов становится понятным, что в постсоветский период промышленность России усилила свое давление на окружающую природную среду. Снижение объемов производства вследствие развала народного хозяйства криминальной приватизацией казалось бы должно было привести к соответствующему снижению промышленных сбросов и выбросов. В действительности же именно криминальный характер проведенной приватизации отбросил социально-экономическое развитие страны к этапу первичного накопления капитала новыми собственниками, когда ради сверхприбылей в условиях беззакония переходного периода переступаются любые нравственные нормы и правила поведения. Поэтому развал промышленности привел не только к развалу производственных комплексов, но и к развалу соответствующих очистных сооружений, мер безопасности и охраны труда. Стремление новых хозяев сколотить первичный капитал превратило их во временщиков, когда для извлечения от развалившегося хозяйственного комплекса хоть каких-то прибылей они стремятся экономить абсолютно на всем, включая здоровье и жизнь персонала и населения окружающих регионов. Превышение моторесурсов, пренебрежение элементарными требованиями техники безопасности и охраны труда, исключение из технологических процессов даже устаревших способов очистки стоков и выбросов неизбежно привело к невиданному росту катастроф на авиа- и автомобильном транспорте, аварий в шахтах и рудниках, превышению ПДК вредных веществ в промышленных сбросах и выбросах, которые практически не контролируются должным образом.

Даже оставляя здесь без обсуждения сам вопрос об использовании ископаемых углеводородов в качестве энергоносителей, неуклонно усугубляя тепличный эффект на Земле, необходимо отметить высокую экологическую опасность технологических процессов добычи,

транспортировки и переработки нефти, газа, угля, всех других ископаемых углеводородов.

Из ежегодных Государственных Докладов «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации» и регионов следуют статистические выводы, что влияние хозяйственной деятельности на окружающую природную среду России постоянно возрастает, экологическая обстановка ухудшается, число регионов России с бедственным состоянием природной среды растет, а деятельность властных структур всех уровней все чаще сводится к замалчиванию экологических проблем.

Таким образом, сведения о деятельности российских промышленных предприятий в последние годы убедительно подтверждают вывод «Зеленого мира» об экономической ущербности экологически опасных технологий и настоятельно требуют незамедлительной разработки и применения на современных промышленных предприятиях экологически безопасных и высокопроизводительных технологических процессов, энерго- и ресурсосберегающих устройств и установок. Как показывает обзор технических и технологических решений на основе теоремы о фронте ударной волны кумулятивного характера, ЭГЭ предоставляет специалистам самых разных отраслей промышленности такие возможности технических и технологических решений, которые прежде представлялись неразрешимыми.

Краткое теоретическое введение

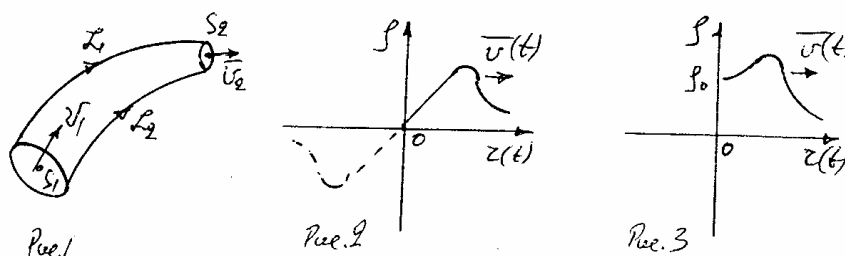
Как известно, согласно современным представлениям гидродинамической теории суперпозиция ударных волн в среде не вызывает образования потоков данной среды, сопровождаясь лишь передачей энергии волн без перемещения вещества в среде [1]. За исторический период после фундаментальных трактатов Д. Бернулли «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: $\frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} - \frac{1}{r} \text{grad}r$ (1),

$\text{div } \bar{v} = 0$ (2) и $\frac{dr}{dt} = 0$ (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”, рассматривая распространение возмущений в среде, пришел к выводу об образовании ударных волн в баротропных средах, так как: $x = tc(r) + j(r)$ (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 придем к известным соотношениям Ренкина – Гюгонно [1], которые для плоского случая в неподвижной системе координат могут быть представлены:

$$r_1(D - U_1) = r_2(D - U_2) \quad (6) \quad P_1 + r_1 U_1(D - U_1) = P_2 + r_2 U_2(D - U_2) \quad (7)$$

$$e_1 - e_2 = \frac{1}{2}(P_1 - P_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (8), \quad \text{где: } D - \text{ скорость ударной волны,}$$

U - скорость среды, а 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 $U_1 = 0$ (9) имеем следствия: $r_1 D = r_2(D - U_2)$

$$(10) \quad P_1 = P_2 + r_2 U_2(D - U_2) \quad (11) \quad \text{и} \quad e_1 - e_2 = \frac{1}{2}(P_1 - P_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (12)$$

Отсюда следует вывод о том, что при условии образования ударной волны, то есть когда $D \neq 0$ (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 (двигателей, насосов и т.п.), то здесь необходимо привести несколько примеров технических решений, в которых технический результат достигается за счёт применения упомянутых устройств.

1. Электроискровой пflug по патенту № 1428225 РФ [6].

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

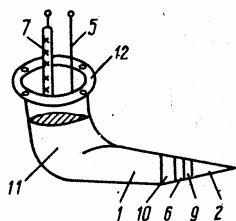


Рис. 1

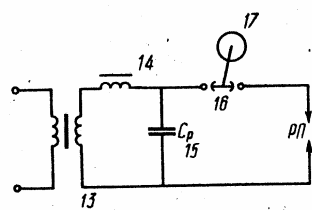


Рис. 2

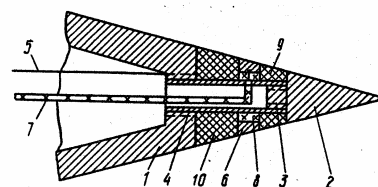


Рис. 3

На рис. 1 показан общий вид плуга сбоку, на рис. 2 - его принципиальная электросхема, а на рис. 3 - продольный разрез корпуса плуга по оси. Плуг состоит из корпуса 1, на котором размещён конический электрод 2, электрически соединенный пробкой 3, трубкой 4 и проводом 5 с источником электропитания на борту машины. Второй электрод 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 плуга прикреплен к несущей стойке плуга (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 плуг 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 плуга по ходу машины. Регулируя скорость разрядов и величину электрического напряжения в зависимости от конкретных условий эксплуатации, достигается оптимальный режим обработки почвы.

2. Устройство для резки струёй высокого давления по патенту № 1598338 РФ [7].

Устройство предназначено для обработки различных материалов и может быть использовано в строительной индустрии, на дорожно-строительных работах, в горно-рудных разработках и т.п. На рис. 1 показан общий вид устройства сбоку, на рис. « вид устройства со стороны сопла - щели, на рис. 3 - разрез по А - А рис. 1, на рис. 4 - разрез по Б-Б рис. 1, на рис. 5 - принципиальная тиристорная электросхема питания разрядника.

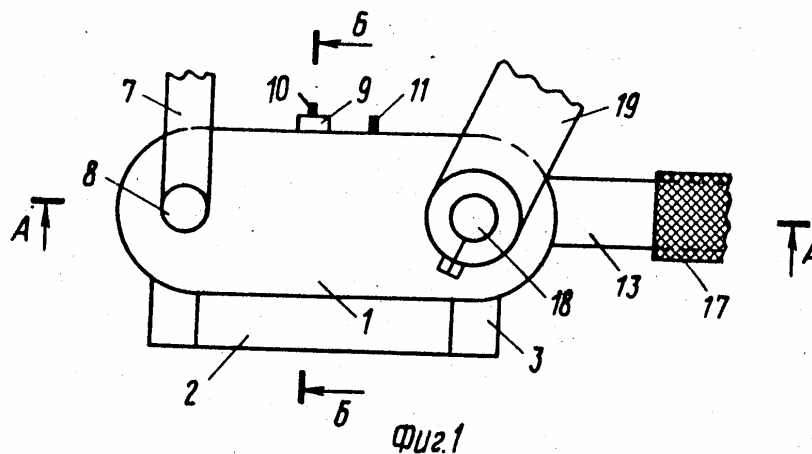


Рис. 1

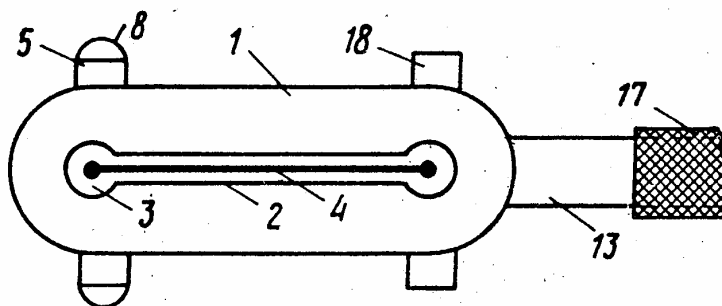


Рис. 2

Устройство содержит корпус-баллон 1 с боковыми губками 2, образующих с помощью компенсаторов 3 сопло-щель 4. Внутри корпуса-баллона 1 в электроизолирующих пробках 5 размещены электроды 6 разрядника с выводами 7 в колпаке 8, и пробке 9 укреплен электрод 10 формирователя разрядов с выводом 11 к электросхеме питания разрядника. В торце корпуса-баллона 1

выполнено отверстие 12 со штуцером 13 и обратным клапаном 14 в седельной пробке 15 с ограничителем 16, на который надет шланг низкого давления 17, по бокам корпуса-баллона 1 выполнены шипы 18 для цанговой штанги 19 манипулятора.

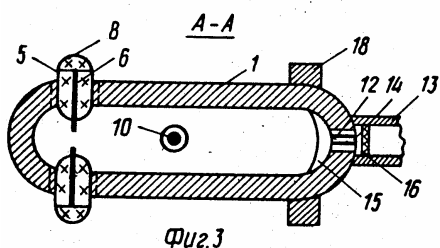


Рис. 3

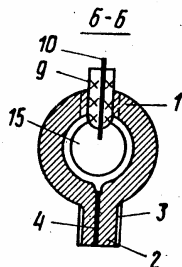


Рис. 4

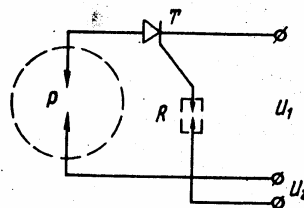


Рис. 5

При включении электропитания формирователя 10 разрядов через среду в корпусе-баллоне 1 замыкается цепь управления генератора импульсного тока, который создаёт между электродами 6 электрический разряд, вызывая ударную волну, давление по фронту которой раздаёт губки 2 и формирует струю жидкости из сопла-щели 4 высокого давления, направленную на обрабатываемый материал. В результате многократного действия струи на материал образуется рез, из которого частицы уносятся струёй жидкости, предотвращая образование пыли.

3. Электрогидравлическая буровая головка по патенту № 2026990 РФ [8].

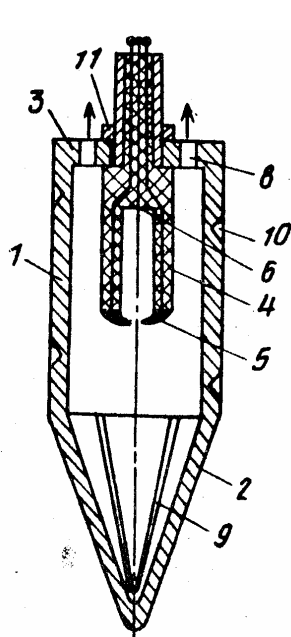


Рис. 1

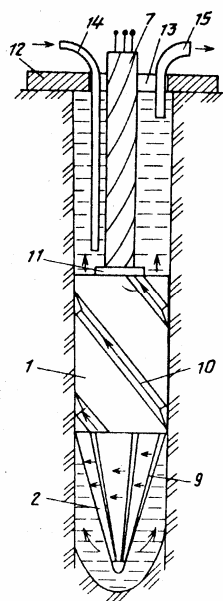


Рис. 2

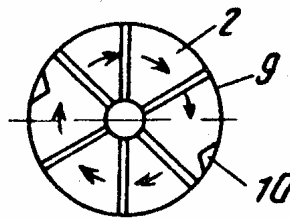


Рис. 3

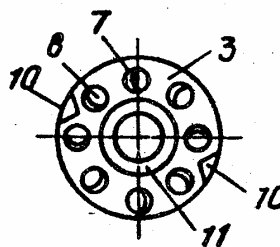


Рис. 4

Буровая головка предназначена для бурения скважин и может применяться для управляемой проходки в разведочном или промысловом бурении. На рис. 1 показан вид головки сверху, на рис. 2 - вид снизу, на рис. 3 – продольный разрез головки плоскостью чертежа, на рис. 4 - схема действия головки в скважине. Буровая головка состоит из цилиндрического корпуса 1 с коническим основанием 2, являющимся её рабочей передней частью, плоским торцовым основанием 3 с держателем 4 электродов 5 и формирователем 6 разрядов в отверстии основания 3, электросиловым кабелем 7 в бронированной оболочке через держатель 4. В основании 3 выполнены отверстия 8г с наклоном к оси цилиндра корпуса 1, по образующим конического основания 2 выполнены сопла-щели 9, направленные согласно с отверстиями 8, по внешней поверхности цилиндра корпуса 1 выполнены винтовые канавки 10, заход которых согласован с направлением отверстий 8 и сопел-щелей 9. Держатель 4 имеет ограничитель 11 осевого смещения. В рабочий комплект головки в установке входят по своему прямому назначению крышка 12 скважины с отверстием 13, гибкие шланги 14 и 15 подвода воды и отвода пульпы, насос (на чертежах не показан), источник электропитания с тиристорным генератором импульсного тока, бассейн-отстойник пульпы. При включении электропитания формирователь 6 разрядов через воду в полости головки замыкает цепь управления тиристоров блока электропитания разрядника 5, вызывая электрический разряд и образуя ударную волну вокруг электродов 5, которая выталкивает из полости через сопла-щели 9 струи воды под высоким давлением, которые разрабатывают породу перед головкой, а реакция струй из отверстий 8 приводит головку во вращательное движение и продвигает её по ходу по мере разработки породы, выдавливая пульпу по канавкам 10 наверх головки. Откуда она отсасывается насосной установкой по шлангу 15 и отводится в отстойник.

4. Электрогидравлический смеситель по патенту № 1534818 РФ [9].

Смеситель предназначен для перемешивания с одновременным

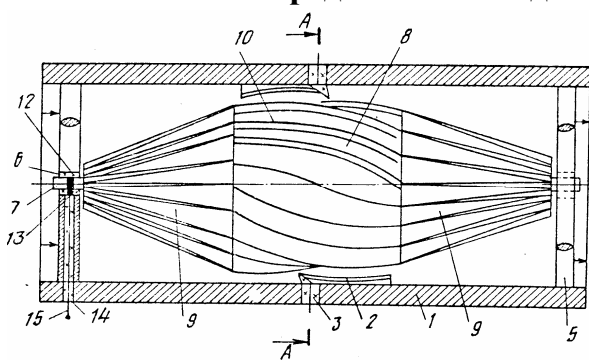


Рис. 1

перемещением, подачей преимущественно высоковязких растворов, пульп, эмульсий, суспензий и т. п. смесей в технологических процессах в строительной индустрии, на химических производствах, в горнорудных разработках и т. п. На рис. 1 показан продольный

разрез смесителя плоскостью чертежа, на рис. 2 – вид по А-А рис.1, на рис. 3 принципиальная электросхема смесителя. Смеситель состоит из трубчатого корпуса 1, на внутренней поверхности которого закреплены

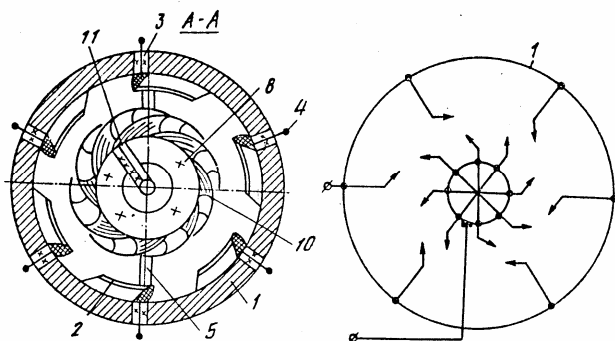


Рис. 2

Рис. 3

равномерно по круговому сечению винтовые электроды 2 парами разрядников по диаметрально противоположным сторонам корпуса 1. Через электроизолирующие пробки 3 выводы 4 электродов 2 соединены с источником

электропитания. Соосно цилиндрическому корпусу 1 кронштейнами 5 с подшипниками 6 установлен вал 7 с ротором 8 и торцовыми крыльчатками 9, лопастями – электродами 10 с выводами 11 по сверлениям через ротор 8 и вал 7 к контактному кольцу 12 со щетками 13, имеющим в пробках 14 выводы 15 к источнику электропитания. При включении электропитания с помощью типовой коммутационной аппаратуры на электроды 2 и лопасти 10 подводится электрическое напряжение, которое приводит к образованию электроразрядов по наименьшим разрядным промежуткам между ближайшими электродами 2 и 10 в рабочей среде-смеси, сопровождающиеся ударными волнами ЭГЭ, которые воздействуют на лопасти – электроды 10 и лопасти крыльчаток 9 и создают вращающий момент ротора 8, осуществляя перемещение с одновременным перемешиванием рабочей среды – смеси.

5. Электрогидравлический прожектор по заявке № 3884509 /25 Роспатента [10]

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.

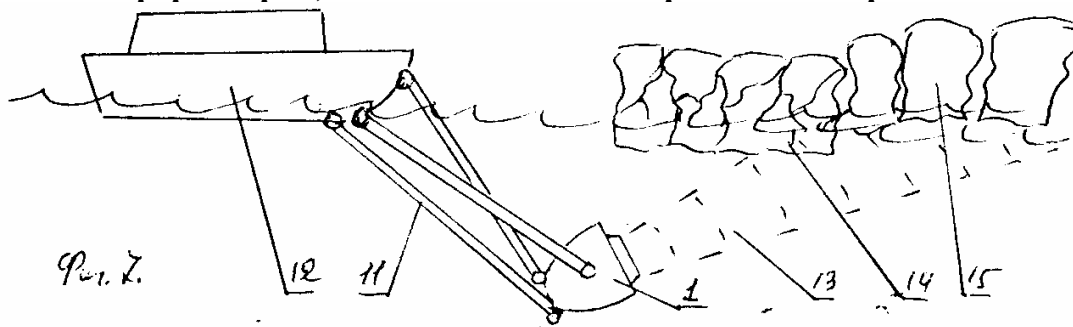


Рис. 6 - 1(Фиг.7 с.85 по [1])

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 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.

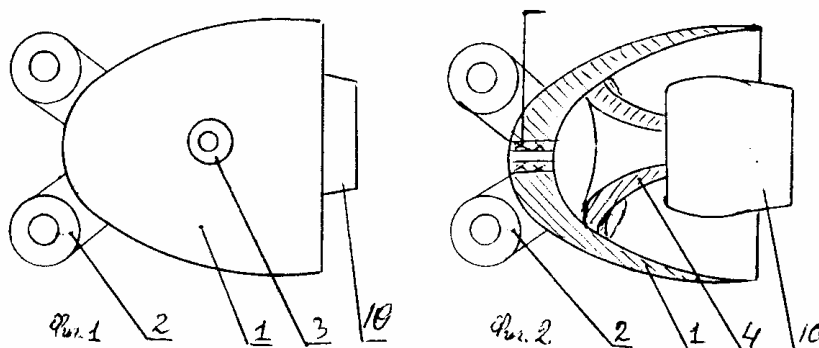


Рис. 6-2 (Фиг.1 с.85 по [1]) Рис. 6-3 (Фиг.2 с.85 по [1])

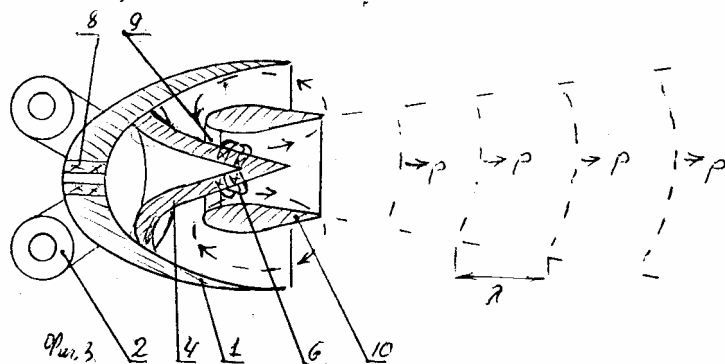


Рис. 6-4 (Фиг.7 с.85 по [1])

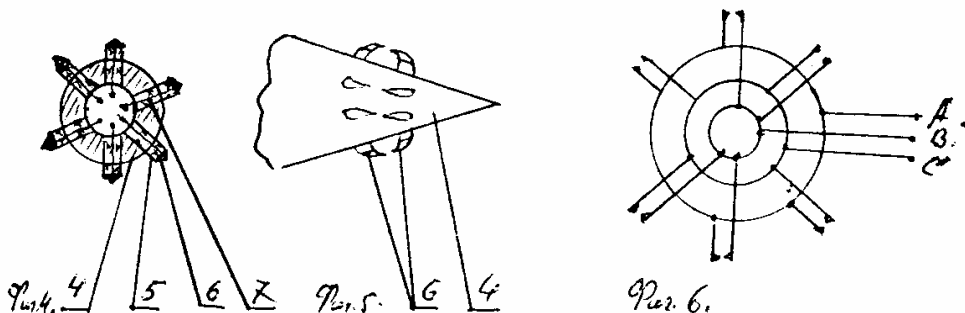


Рис. 6-5 (Фиг.4 с.85 по [1]) Рис. 6-6 (Фиг.5 с.85 по [1]) Рис. 6-7 (Фиг.6 с.85 по [1])
Прожектор состоит из корпуса – чаши 1 с проушинами 2 и цапфами 3. Внутри корпуса 1 соосно укреплены отражатель 4 конической формы с электроизолирующими пробками 5, в которых укреплены

электроды 6 разрядных пар с выводами 7 через электроизолирующий канал 8 к источнику электропитания на борту судна. 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.

6. 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). 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

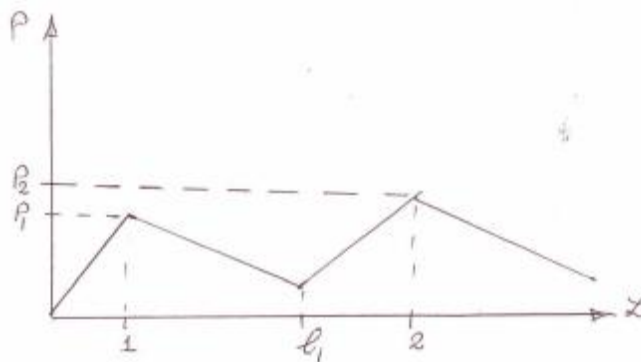


Рис. II-1. Диаграмма давления в трубопроводной магистрали, содержащей серию ЭГН.

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 ЭГН давление будет удовлетворять условию (1).

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

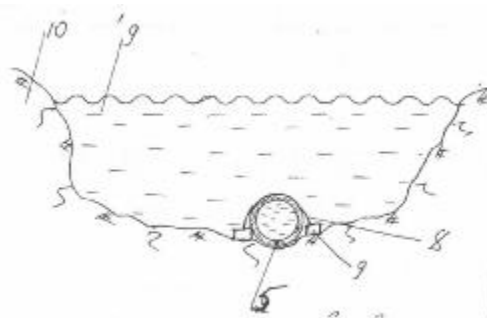
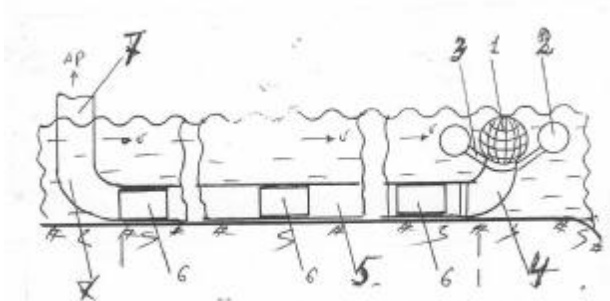


Рис.П-2. Схема размещения трубопровода с включенными последовательно ЭГН.

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

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/.

7. Электрогидравлический канал по патенту № 2027076 РФ

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.Ш-1, рис.Ш-2 и рис.Ш-3. Насос /6/ состоит из канала с бортами 1 и днищем 2 волнообразного профиля, поверхность которого образована поперечными потоку канавками – углублениями 3, 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 положении переключателя 10

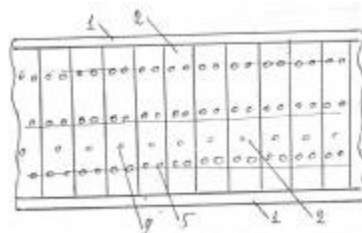
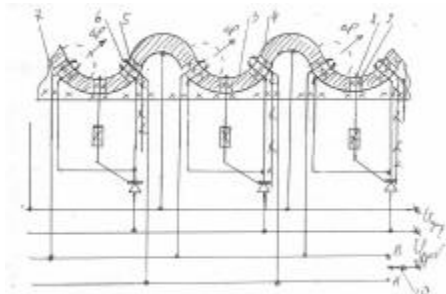


Рис.Ш-1. Вертикальный разрез насоса со схемой электропитания. (Фиг. 1 по [6]) Рис.Ш-2. Вид днища насоса сверху. (Фиг.2 по источнику 6)

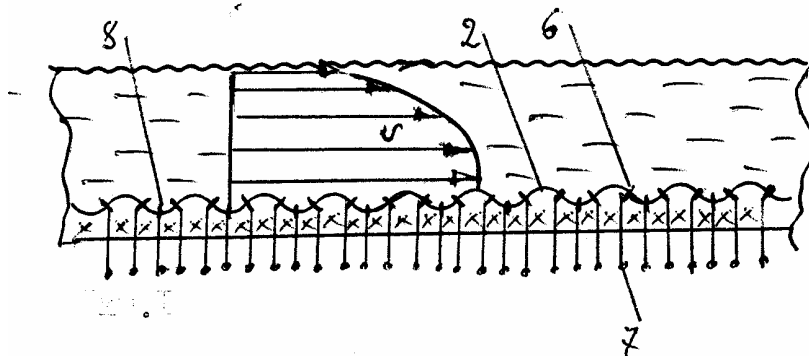


Рис.Ш-3. Годограф скорости потока по сечению канала. (Фиг.3 по источнику 6)

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.

8. 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.

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

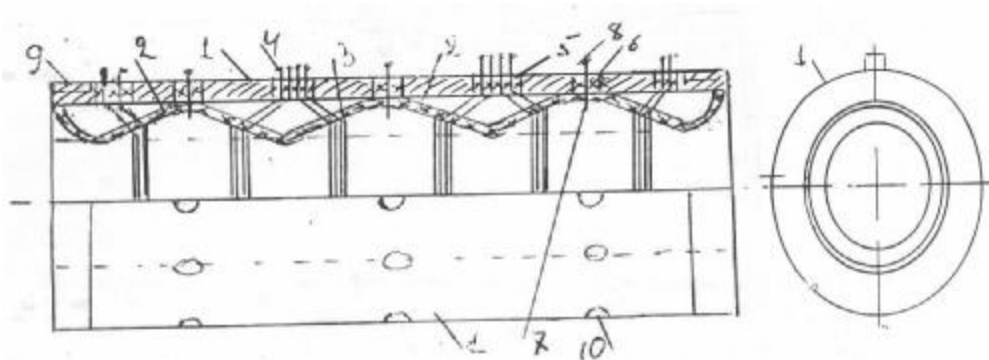


Рис.IV-1. Вид сбоку реверсивного насоса с $\frac{1}{4}$ выреза радиальными плоскостями

Рис.IV-2. Вид с торца рис.IV-1.

пробки 5 к схеме электропитания. По стыкам больших растворов конических отражателей 2 размещены в пробках 6 формователи 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.

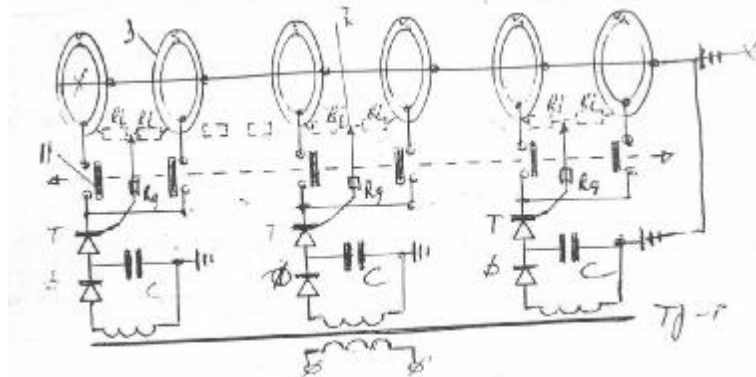


Рис.IV-3. Принципиальная электросхема реверсивного электроразрядного насоса.

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

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» /2/. 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.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вертинский П.А. П. Электрогидравлика, г. Усолье-Сибирское, 1996, 144 с.
2. Вертинский П. А. Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта.// Материалы V рег. конф. «Сибресурс-2002», ИГЭА, Иркутск, 2002 г., стр. 49.
3. 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.
4. Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент № 1770614 РФ, БИ № 39 / 92.
5. Вертинский П.А. Дождевальная установка // Патент № 2063122 РФ, БИ № 19 / 96.
6. Вертинский П.А. Электроискровой плуг // Патент № 1428225 РФ, БИ № 37/ 1988
7. Вертинский П. А. Устройство для резки струёй высокого давления // Патент № 1598338 РФ, БИ № 2/1995.
8. Вертинский П.А. Электрогидравлическая буровая головка // Патент РФ № 2026990, БИ № 2/1995.
9. Вертинский П.А. Электрогидравлический смеситель смеситель // Патент № 1534818 РФ, БИ № 2/1995.
10. Вертинский П. А. Электрогидравлический прожектор по заявке № 3884509 /25 Роспатента // ИЛ № 001-92 ЦНТИ, Иркутск, 1992.
11. Вертинский П. А. Электрогидравлический канал // Патент № 2027076 РФ, БИ № 2/1995.
12. Вертинский П. А. Электроразрядный реверсивный насос по заявке № 93055246 Роспатента // ИЛ № 019-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.