

ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Вертинский П.А.

Усолье-Сибирское, e-mail: pavel-35@mail.ru

Как известно [1], наличие больших концентраций КОЛЛОИДОВ в послеспиртовой барде, в фекальных стоках и в заиленных водах объединяет способы утилизации этих различных по происхождению рабочих сред, главной трудностью которых является отделение коллоидов. Из коллоидной химии [2] известны свойства коллоидов сохранять своё состояние и свойства. Потеря коллоидными системами агрегативной устойчивости протекает под влиянием ряда факторов, среди которых наиболее известны: 1. Концентрирование, для которого применяются выпаривание, отгонка, дистилляция. 2. Диализ – освобождение коллоидных растворов и субстанций высокомолекулярных веществ от растворённых в них низкомолекулярных соединений при помощи полупроницаемой мембраны. 3. Механическое воздействие, продавливание через механические фильтры. 4. Термическое воздействие. 5. Излучение. 6. Добавление электролитов, имеющее наибольшее практическое значение в современных способах коагуляции коллоидов, принося вместе с этим и основные недостатки химических способов очистки промышленных стоков: дороговизну материалов и неизбежное химическое, часто токсическое загрязнение окружающей среды [3].

Ключевые слова: коллоидные растворы, ударная волна, концентрирование

RATIONALE FOR DEVICES AND SYSTEMS WORK ELECTROHYDRAULIC SEPARATION OF COLLOIDAL SOLUTIONS

Vertinskij P.A.

Sibirskoye, e-mail: pavel-35@mail.ru

As is well known [1], the presence of high concentrations of colloids in DDGS in human waste water and water zailistyh combines methods of disposal of these different origins working environments, the main difficulty which is the separation of colloids. Of colloid chemistry [2] known properties of colloids to maintain its status and properties. Loss of colloidal systems aggregate stability occurs under the influence of a number of factors, among which the most well known: 1. Concentration, which is used for evaporation, distillation, distillation. 2. Dialysis - the release of colloidal solutions and substances of high molecular substances dissolved in them low-molecular compounds by means of a semipermeable membrane. 3. The mechanical action, punching through the mechanical filters. 4. Thermal effects. 5. Radiation. 6. The addition of electrolytes having the greatest practical importance in modern methods of coagulation of colloids, bringing with it the main disadvantages of chemical methods of treatment of industrial waste: the high cost of materials and chemical inevitable, often toxic pollution [3].

Keywords: colloids, the shock wave, concentration

Краткое введение. В свете выше сказанного вполне правомочной может быть постановка вопроса о применении нового способа коагуляции коллоидных растворов на основе электрогидродинамики [4]. В настоящее время электрогидравлический удар известен как новый способ получения дисперсных систем, обеспечивающий высокую степень дисперсности при минимальных затратах времени [5]. Электрогидравлические технологии основаны на импульсных процессах и заключаются в использовании импульсного характера электрогидравлического эффекта, в процессе которого период сверхвысокого давления сменяется периодом схлопывания парагазового пузыря вокруг электрического разряда в жидкой среде. Импульсный характер протекания электрогидравлического эффекта позволяет непосредственно использовать эффект для создания коллоидных растворов, эмульсий и суспензий путём раздробления коллоидных частиц в импульсном режиме изменения давления [5]. Вместе с тем, со-

гласно 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 [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:

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

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

$$\text{и } \frac{dp}{dt} = 0. \quad (3)$$

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:

$$x = tc(\rho) + \phi(\rho). \quad (5)$$

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.

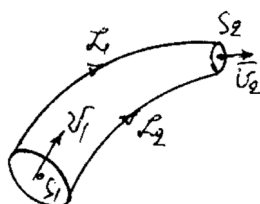


Рис. 1

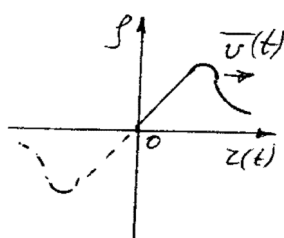


Рис. 2

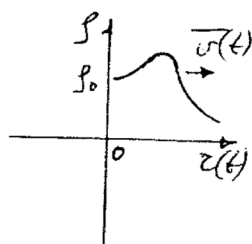


Рис. 3

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 – Гюгоньо [1], 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, a , 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

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

имеем следствия:

$$\rho_1 D = \rho_2(D - U_2) \quad (10)$$

$$P_1 = P_2 + \rho_2 U_2(D - U_2) \quad (11)$$

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

Отсюда следует вывод о том, что при условии образования ударной волны, то есть когда

$$D \neq 0, \quad (13)$$

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.), то есть рассматривая импульсные ударные волны с позиций нелинейной газовой динамики, мы приходим к возможности образования направленного

ного 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 [4] 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. В частности, получили практическое применение различные устройства в виде сосудов, полостей, отражающих поверхностей, с помощью которых формируются кумулятивные струи жидкости под действием ЭГЭ [4].

Устройство и принципы работы электрогидравлического смесителя по патенту № 1534818 РФ [6]

На основании изложенного становится возможным с помощью специальных экранов создавать и поддерживать сверхвысокое давление по фронту ударной волны электрогидравлического эффекта, как это описано, например, по патенту № 1534818 РФ [6]. Смеситель предназначен для перемешивания с одновременным 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. 4 показан продольный разрез смесителя плоскостью чертежа, на рис. 5 – вид по А-А рис. 4, на рис. 6 принципиальная электросхема смесителя. Смеситель состоит из трубчатого корпуса 1, на внутренней поверхности которого закреплены 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 6 и вал 7 к контактному кольцам 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.

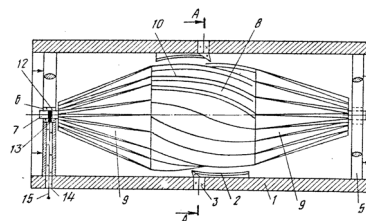


Рис. 4

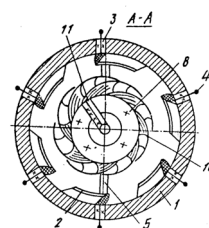


Рис. 5

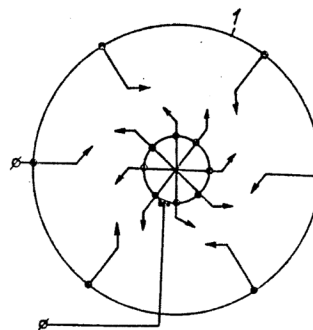


Рис. 6

Возвращаясь здесь к указанным в анотации известным методам коагуляции коллоидов, необходимо подчеркнуть, что в случае рабочей смеси в наших электрогидравлическом смесителе [6] по описанному выше имеет постоянно действует давление по фронту ударной волны порядка 10^4 Паскаль и выше, под влиянием которого частицы коллоидных растворов сближаются до полного слипания. В дальнейшем движении гидропотока по каналу электрогидравлического смесителя [6] остаётся осуществить сепарацию коагулированных частиц от жидкой фракции раствора. Так как лопасти ротора сообщают рабочей среде вместе с поступательным вдоль канала смесителя

и вращательное движение среды вокруг оси канала, то центробежные силы одновременно с коагуляцией под давлением осуществляют и сепарацию среды, отбрасывая более плотные коагулированные частицы к периферии канала, оставляя вблизи оси канала осветленную жидкую фракцию. Теперь достаточно поставить на выходе канала два вывода в крышке смесителя: один по оси канала смесителя – для выхода осветленной жидкой фракции раствора, а второй по касательной к цилиндрическому корпусу смесителя – для вывода коагулированной плотной фракции к месту её утилизации известными способами в соответствии с конкретными условиями и свойствами.

Кумулятивный электрогидравлический эффект

Автору в своих работах пришлось доказать теорему о фронте ударной волны кумулятивного характера, формулировку которой здесь необходимо привести:

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 [4].

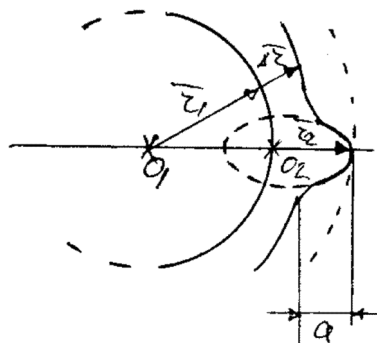


Рис. 7

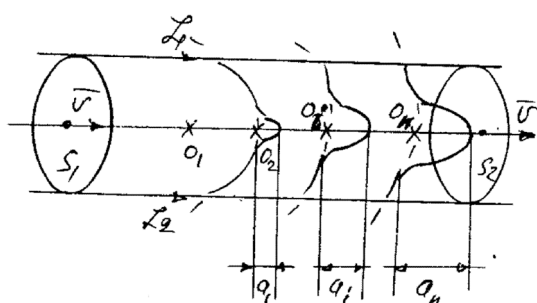


Рис. 8

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:

$$\Delta r_1 \leq r_2. \quad (13)$$

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

$$r_1 + r_2 \geq r_1 + \Delta r, \quad (14)$$

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 (рис. 7) 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 (рис. 8):

$$a_1 < a_2 < a_3 \dots < a_n. \quad (15)$$

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. 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. Другими словами, кумулятивный электрогидравлический эффект является теоретической основой устройства и работы принципиально нового типа электрогидравлических насосов [7].

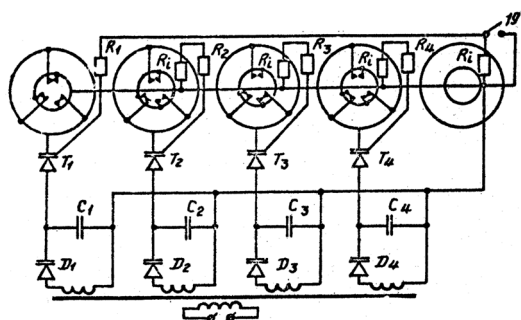


Рис. 9

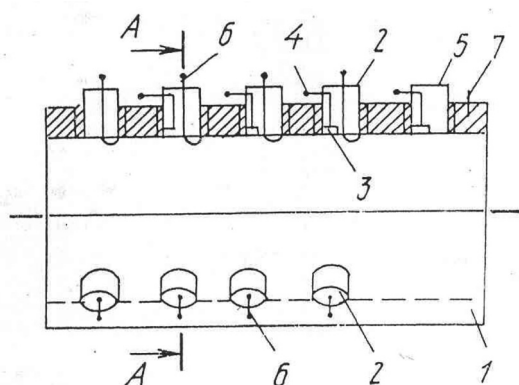


Рис. 10

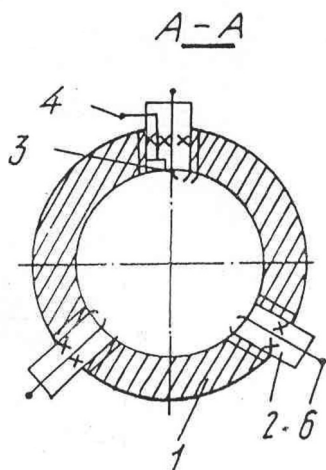


Рис. 11

Рассмотрим принцип действия электрогидравлических насосов [7], которые могут быть представлены одной и той же принципиальной электросхемой, изображенной на рис. 6. В сущности такая 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. 10 и рис. 11, а некоторые возможные формирова-

тели разрядов показаны на рис. 12, рис. 13 и рис. 14 [4], на которых представлены: продольный разрез формирователя разрядов тензорезисторного типа (рис. 12), электро-разрядного типа (рис. 13) и пускового формирователя разрядов (рис. 14). 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.

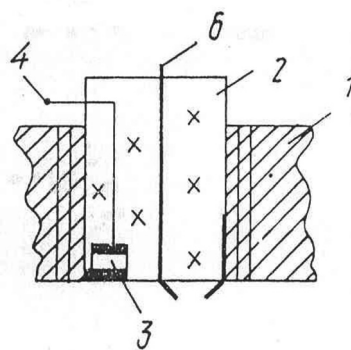


Рис. 12

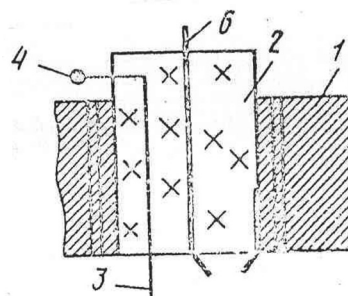


Рис. 13

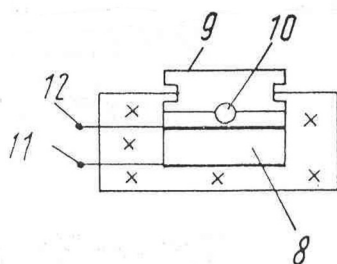


Рис. 14

При включении электропитания на разрядники 2 ударные волны распространяются вдоль канала насоса, своим давлением по фронту воздействуют на формователи 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.

Снова возвращаясь здесь к указанным в анотации известным методам коагуляции коллоидов, необходимо подчеркнуть, что в случае рабочей смеси в наших электрогидравлическом насосе [7] по описанному выше имеет постоянно действует давление по фронту ударной волны порядка 10^4 Паскаль и выше, под влиянием которого частицы коллоидных растворов сближаются до полного слипания. В дальнейшем движении гидротока по каналу электрогидравлического насоса [7] остаётся осуществить сепарацию коагулированных частиц от жидкой фракции раствора. Одним из простейших способов сепарации является вращательное движение среды вокруг оси канала, при котором центробежные силы одновременно с коагуляцией под давлением осуществляют и сепарацию среды, отбрасывая более плотные коагулированные частицы к периферии канала, оставляя вблизи оси канала осветленную жидкую фракцию. С этой целью достаточно на выходе канала электрогидравлического насоса [7] установить крышку с направляющими по винтовой линии лопастями, которые превратят поступательное движение среды по каналу насоса во вращательное движение среды вокруг оси канала, обеспечивая центробежным силам возможность одновременно с коагуляцией под давлением осуществлять и сепарацию среды, отбрасывая более плотные коагулированные частицы к периферии канала, оставляя вблизи оси канала осветленную жидкую фракцию. Теперь достаточно поставить на выходе канала два вывода в крышке смесителя: один по оси канала смесителя – для вы-

хода осветленной жидкой фракции раствора, а второй по касательной к цилиндрическому корпусу насоса – для вывода коагулированной плотной фракции к месту её утилизации известными способами в соответствии с конкретными условиями и свойствами. Так как крышки с выводами по оси канала и по касательной к цилиндрическому корпусу и смесителя и насоса являются известными, применяются по своему прямому назначению, то нет необходимости в дополнительных чертежах по патентам на электрогидравлический смеситель [6] и электрогидравлический насос [7].

Выводы

1. С помощью электрогидравлического смесителя по патенту № 1534818 РФ возможно создать постоянно действующее давление по фронту ударной волны порядка 10^4 Паскаль и выше, под влиянием которого частицы коллоидных растворов сближаются до полного слипания. Так как лопасти ротора сообщают рабочей среде вместе с поступательным вдоль канала смесителя и вращательное движение среды вокруг оси канала, то центробежные силы одновременно с коагуляцией под давлением осуществляют и сепарацию среды, отбрасывая более плотные коагулированные частицы к периферии канала, оставляя вблизи оси канала осветленную жидкую фракцию. С целью разделения жидкой осветленной фракции раствора от уплотненной фракции коагулированных частиц достаточно поставить на выходе канала два вывода в крышке смесителя: один по оси канала смесителя – для выхода осветленной жидкой фракции раствора, а второй по касательной к цилиндрическому корпусу смесителя – для вывода коагулированной плотной фракции к месту её утилизации известными способами в соответствии с конкретными свойствами и условиями.

2. С помощью электрогидравлического насоса по патенту № 1830430 РФ возможно создать постоянно действующее давление по фронту ударной волны порядка 10^4 Паскаль и выше, под влиянием которого частицы коллоидных растворов сближаются до полного слипания. С целью разделения жидкой осветленной фракции раствора от уплотненной фракции коагулированных частиц достаточно поставить на выходе канала два вывода в крышке смесителя: один по оси канала смесителя – для выхода осветленной жидкой фракции раствора, а второй по касательной к цилиндрическому корпусу смесителя – для

вывода коагулированной плотной фракции к месту её утилизации известными способами в соответствии с конкретными свойствами и условиями.

3. Исходя из конструктивных особенностей электрогидравлического смесителя по патенту № 1534818 РФ, предназначенного для работы в условиях высоковязких и агрессивных рабочих сред, целесообразно его использование для сепарации фекальных стоков, а исходя из конструктивных особенностей электрогидравлического насоса по патенту № 1830430 РФ, предназначенного для создания высоких напоров в жидкостях, его использование целесообразно для очистки заилистых вод и послеспиритовой барды.

Список литературы

1. Пааль Л.Л. и др. Справочник по очистке природных и сточных вод. – М.: Высшая школа, 1994. – 302 с.
2. Левченко С.И. Физическая и коллоидная химия. – Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ (РГУ), 2004. URL: http://physchem.narod.ru/Source/PCC/Solutions_6.htm.
3. Вертинский П.А. Перспективы применения магнитодинамического электролитного насоса для дегельментизации сельскохозяйственных отходов. URL: <http://www.econf.rae.ru/article/7279>.
4. Вертинский П.А. Электрогидродинамические задачи гидравлики. – Иркутск: ИрГТУ, 2008. – Вып. 3. URL: http://biblioteka-dzvон.narod.ru/docs/Elektrodinamika_Ch_1.zip, http://biblioteka-dzvон.narod.ru/docs/Elektrodinamika_Ch_2.zip
5. Конспект лекций по дисциплине «Коллоидная химия» для студентов химико-технологических специальностей / А.В. Мищенко. – Херсон.: ХГТУ. – 2003. – 136 с.
6. Вертинский П.А. Электрогидравлический смеситель // Патент № 1534818 РФ, БИ № 2/1995.
7. Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 1830430, БИ № 28/1993.