

УДК 621.396

ANALYSIS OF WAYS OF DISINFECTING WATER BY A PULSE ELECTROMAGNETIC FIELD**Khalikov, A.A.**, DSc, professor**Ibragimova, O.A.**, DSc

Tashkent Institute of Railway Engineers

Abstract. The paper provides a comparative analysis of the methods of disinfecting water by a pulsed electromagnetic field. To increase the areas of possible applications with improved energy performance and reliability, an improved design of the device for controlling systems of a single spatial electromagnetic field is considered, the improved design of the control system of a single spatial electromagnetic field is considered, the theoretical foundations of the method of disinfecting water are given.

Key words. Water disinfection method, control system, single spatial electromagnetic field.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**Халиков Абдулхак Абдулхаирович**, д.т.н., проф.**Ибрагимова Озода Абдулхаковна**, доктор философии по техническим наукам (DSc)

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Tel. +998903194924.

E-mail: xalikov_abdulxak@mail.ru

Аннотация. В работе приведены сравнительный анализ способов обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. Для повышения областей возможного применения с улучшенными энергетическими показателями и надежностью, рассмотрена усовершенствованная конструкция устройства систем управления единым пространственным электромагнитным полем, приведены теоретические основы способа обеззараживания воды.

Ключевые слова. Способ обеззараживания воды, система управления, единое пространственное электромагнитное поле.

1. ВВЕДЕНИЕ: ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ, АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Узбекистане построены и строятся новые линии железных дорог, которые проходят по пустынным и полупустынным районам. В связи с этим возникает проблема обеспечения обслуживающего персонала, населения питьевой водой. Железнодорожный транспорт также является потребителем воды, в частности вода используется во многих производственных процессах, таких как охлаждение компрессоров дизельных двигателей тепловозов и другого оборудования, получение пара, заправка пассажирских вагонов, реостатные испытания тепловозов и т.д. Следовательно, для этого требуется подготовка технической воды для локомотивного хозяйства и других служб. В связи с этим особый интерес представляет вопрос обеззараживания и очистки воды [1].

Известен способ обработки жидкостей и жидкотекучих продуктов, включающих обработку воды импульсным электромагнитным полем с длительностью импульса 10^{-5} – 10^{-7} мкс и мгновенной мощностью импульса 50–1000 мВт [2, 3, 4].

Недостатки этого способа: низкая степень обеззараживания воды, малая производительность, большие удельные расходы электроэнергии.

Другим, близким по техническим возможностям является способ обеззараживания воды электромагнитным импульсом, основанный на обработке воды электромагнитным полем с индукцией 7–8 Тл, частотой следования импульсов 10–15 Гц, длительностью импульса 10–15 мс и потребляемой мощностью 4,0–4,5 кВт [3].

Недостатком этого способа является трудность достижения необходимых значений индукции магнитного поля и большие затраты электроэнергии.

В работе [5] рассмотрены способы очистки сточных вод с высокой концентрацией органических загрязнителей методом метанового брожения и электроплазменными разрядами, устройство которого является очень сложным.

В работах [6, 7] предлагается обработка воды электромагнитным полем специального генератора, работающего в диапазоне частот от 10 до 20 кГц, что является малоэффективным методом очистки сточных вод и устройство является очень сложным.

В работе [8] рассмотрена технология водоподготовки в сельских населенных пунктах с использованием комплексного электрического и магнитного воздействия на подземные питьевые воды.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ обеззараживания воды электромагнитным импульсом, основанный на обработке воды электромагнитным полем с индукцией $7\div 8$ мТл (миллитесла), частотой следования импульсов $10\div 15$ Гц, длительностью импульса $10\div 15$ мс и с амплитудой импульса тока $200\div 300$ А [2].

Недостатком данного способа является малое влияние электромагнитного поля на молекулы воды, так как силовые линии поля направлены вдоль течения жидкости, а не перпендикулярно, что дает низкую степень обеззараживания воды.

Устройство [9] состоит из реактора для обработки воды и электродной системы.

Недостатками данного способа являются сложность устройства, низкий ресурс работы изоляции электродных систем и электродов, применение высоковольтных импульсов равных 1000 импульс/сек, применение фильтров с песчаной–гравийной загрузкой для осветления воды.

Целью работы является обеззараживание воды единым пространственным электромагнитным полем.

2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Предлагается решение поставленной задачи воздействием электромагнитного поля на обрабатываемую воду, применением поперечного магнитного поля, силовые линии которого направлены перпендикулярно направлениям течению жидкости, а также вихревого электрического поля, создаваемого стержнем, находящимся внутри и посередине диэлектрической трубы. Под действием магнитного поля создается дополнительное давление, которое влечет за собой увеличение расстояния между молекулами воды. Внутри воды образуются пузырьки с высокой плотностью содержания микробов. После прекращения импульса напряжения, за счет изменения давления пузырек лопаются, и микробы погибают. Для отделения чистой воды от примесей используется вихревое электрическое поле, под действием которого ионы кислорода воды движутся по винтовой траектории, закручиваясь вокруг стержня, а все примеси оседают на дно трубы. Ввиду того, что скорость электромагнитной волны в воде составляет $5 \cdot 10^5$ м/с, а скорость жидкости $1,5\div 2$ м/с, то есть превышает во много раз, происходит многократная очистка. Этим самым обеспечивается требуемый коли–индекс и необходимое число микробов в грамм-молекуле воды. Время очистки не зависит от геометрических размеров трубы и скорости движения жидкости.

Разработан способ обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем с поперечными силовыми линиями, направленными перпендикулярно течению воды, создаваемыми индуктивностью, а также вихревым электрическим полем.

Индуктивность находится вне диэлектрической трубы, стержень находится внутри (посередине) диэлектрической трубы.

Устройство обеззараживания воды, представляет собой соленоид общей длиной $l_c = 2$ м, намотанный поверх неметаллической трубы (для изоляции от воды) диаметром $d = 159$ мм и помещенные во внутрь металлические трубы для предотвращения от внешних повреждений. Соленоид должен обеспечивать индукцию в пределах $7\div 10$ мТл. Вода, проходя через соленоид со скоростью $V = 1$ м/с, служит естественным теплоотводом для него. Таким образом, проходя через соленоид длиной $l_c = 2$ м, вода обрабатывается в течение времени T , равным $T_{обр} = l_c / V = 2$ с.

Соленоид питается от трансформатора, включенного в сеть переменного тока напряжением 220 В через управляющий тиристор. Сам же тиристор управляется устройством управления импульсным генератором, так как тиристор и трансформатор представляют собой импульсный генератор. При подаче управляющих импульсов на тиристор, он попеременно открывается и закрывается, подавая импульсное напряжение на соленоид. Для управления импульсным генератором требуются импульсы частотой следования $10\div 15$ Гц и длительностью $10\div 15$ мс.

Для этого требуется источник питания, питающий один вибратор, делитель частоты и усилитель мощности прямоугольных импульсов [10–16].

Отсутствуют сведения, позволяющие определить параметры устройства и рабочего органа с учетом производительности источника воды и его исходной зараженности. В то же время наличие таких явных преимуществ электромагнитного устройства как возможность концентрации и выдача значительной энергии при небольших мощностях самих устройств с системой управления, компактность, надежность и управляемость процесса, предопределяют их использование для обеззараживания воды с широкими областями его применения.

Выявлено, что существующие устройства и способы обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем, основанные на обработке воды электромагнитным полем с вышперечисленными параметрами имеют относительно низкий к.п.д, малое влияние электромагнитного поля на молекулы воды, так как силовые линии поля направлены вдоль течения жидкости, а не перпендикулярно, что дает низкую степень обеззараживания воды.

Сравнительным анализом существующих способов и устройств обеззараживания воды определены пути решения поставленной задачи по обеспечению увеличения воздействия электромагнитного поля на обрабатываемую воду применением поперечного магнитного поля, силовые линии которого направлены перпендикулярно направлению течению жидкости, а также вихревое электрическое поле, создаваемое стержнем, находящимся внутри и посередине диэлектрической трубы.

Предлагаемое усовершенствованное устройство [17, 18] системы управления единым пространственным электромагнитным полем, представлено на рис. 1.

Требуется улучшение техника–экономических и эксплуатационных характеристик с широкими возможностями его практического применения.

Исходя из этого, поставлена следующая задача: повысить область возможного применения с улучшенными энергетическими показателями и надежностью.

Эта задача решена путем усовершенствования конструкций устройств систем управления единым пространственным электромагнитным полем – ЕПЭП.

Схематическое изображение экспериментального образца разработанного устройства с системой управления и конструкция установки представлена на рис. 1.

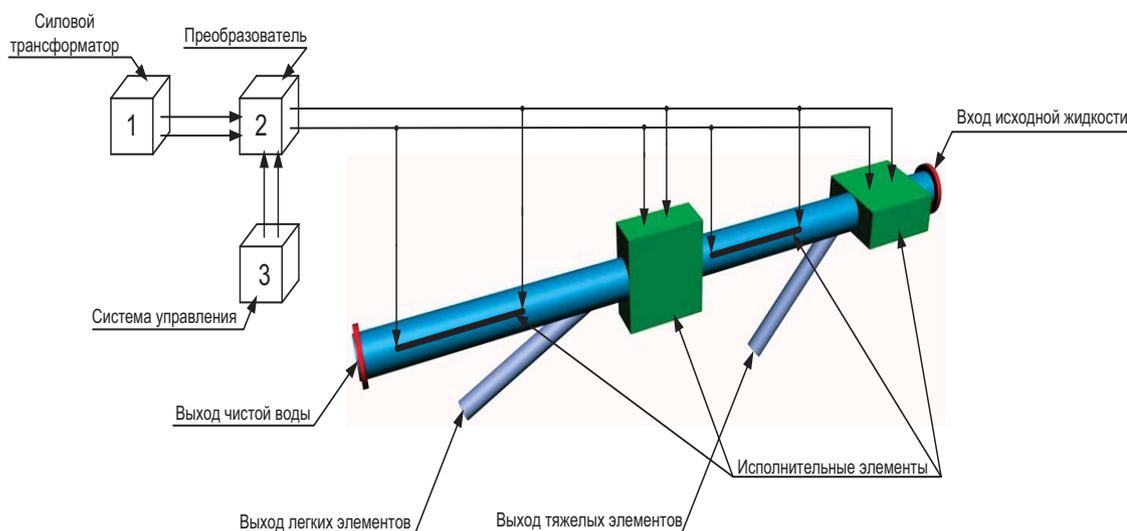


Рис. 1. Схематическое изображение экспериментального образца разработанного устройства с системой управления:

1– Силовой трансформатор; 2–Преобразователь; 3–Система управления

Импульсный генератор состоит из следующих функциональных блоков: одновибратор, делитель частоты, усилитель мощности, блок питания тиристора, согласующий трансформатор. Установка закреплена на подвижном устройстве, т.е. может работать в любом месте.

Для уменьшения потерь контакты выполнены в виде шин, длинные провода проходят в трубах для исключения влияния на них электромагнитного поля. Степень обеззараживания воды регулируется частотой импульсов, вырабатываемых генератором импульсов.

В установке по обеззараживанию воды можно выделить четыре энергоемких элемента: силовой трансформатор, катушки индуктивности (сухой трансформатор), система управления и стержень, которые самым тесным образом связаны друг с другом.

Силовой трансформатор питает систему двух катушек индуктивности и стержень, включенных между собой параллельно, встречно и последовательно. Из системы управления подается импульс, который открывает тиристор и через катушки индуктивности протекает ток 120А. Через трубу протекает вода со скоростью $0,2 \div 0,4$ м/с.

Катушки индуктивности создают поперечное электромагнитное поле.

Со стороны поля действует сила, которая создает дополнительное давление. Под действием этого давления увеличивается расстояние между молекулами воды, образуется область, в которую попадают микробы и микроорганизмы. Затем вода попадает в вихревое электрическое поле, создаваемое стержнем. Электрическое поле захлопывает область, микробы погибают и вода, снабженная ионами кислорода, накручивается на этот стержень, а более крупные частицы оседают вниз и выбрасываются через патрубок, расположенный под углом 45° к основной трубе. Интенсивность очистки можно менять, изменяя частоту следования импульсов, так и изменением диаметра отверстий в трубе. Для этой цели вход и выход трубы снабжены переходниками, позволяющими менять входные и выходные диаметры трубы. Амплитуду тока можно менять с помощью силового автотрансформатора.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассмотрим принцип обеззараживания с использованием положений теории электромагнитного поля [19–23].

Импульсный ток в катушке образует магнитное поле, электродвижущая сила которого равна:

$$e = L \frac{di}{dt}, \quad (1)$$

где L –индуктивность катушки.

В то же время электродвижущая сила равна:

$$e = \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{s \partial B}{\partial t}, \quad (2)$$

где Φ – поток магнитного поля;

S – площадь поверхности, через которую протекает магнитный поток.

Связь между током и возбужденным им в пустоте магнитным полем может быть выражена в дифференциальной форме следующим образом:

$$dB = \frac{\mu_0 [\overline{\delta l_R}] S a}{4\pi R^2} l_R, \quad (3)$$

где $\overline{\delta}$ – плотность тока в катушке;

\overline{S} – площадь поперечного сечения катушки;

R – расстояние до точки, по которой определяется \overline{B} ;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная постоянная;

l_R – единичный вектор.

При помощи обрабатываемой воды в импульсном магнитном поле, последнее будет оказывать влияние на движущиеся заряженные микроорганизмы по закону Ампера:

$$d\overline{F} = I [d\overline{l} \cdot \overline{B}], \quad (4)$$

где \overline{F} – сила, действующая на линейный элемент тока.

Чтобы усилить воздействия магнитного поля на органические загрязнители в воде, необходимо увеличить индукцию поля или увеличить амплитуду тока. Поэтому, в практических устройствах амплитуда тока достигает нескольких сот ампер [24–29].

Главным фактором, определяющим эффективность обеззараживания, является энергия магнитного поля. Чем больше энергия магнитного поля, тем сильнее проявляется эффект обеззараживания воды. Для энергии магнитного поля контура с током можно записать:

$$W_n = \int_s \frac{\overline{B}^2}{2\mu_0} l dS, \quad (5)$$

где W_n – энергия магнитного поля.

Нами предлагается способ обеззараживания и очистки воды, основанный на теории единого пространственного поля.

Теория единого пространственного поля предусматривает нелинейную зависимость механического эквивалента от энергии поля (рис. 2).

Начиная с точки «а», механическая энергия W_M резко увеличивается с увеличением энергии поля W_n . В результате под действием полученной энергии совершается механическая работа. Со стороны поля действует сила, которая определяется соотношением:

$$\overline{F} = \text{grad} W_M, \quad (6)$$

где W_M – механическая энергия;

\overline{F} – сила, действующая со стороны единого пространственного поля.

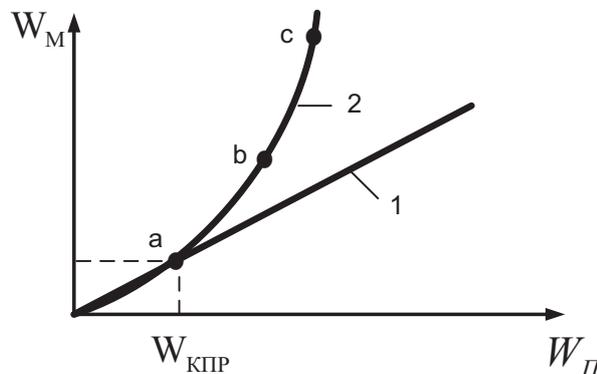


Рис. 2. Зависимость механического эквивалента от энергии поля

Формула (6) позволяет рассчитывать все известные взаимодействия: электромагнитные, гравитационные, сильные и слабые. Для этого необходимо знать уровень основной энергии, сконцентрированной в пространстве и перепады этой энергии от данного типа взаимодействия. Картина поля представляется не

эквипотенциальными поверхностями и силовыми линиями напряженности, а экви-энергетическими линиями и линиями направления силы \vec{F} , действующей со стороны поля.

Гравитационное взаимодействие, как и электромагнитное, имеет бесконечно большой радиус действия, поэтому, например, на тела, находящиеся на поверхности Земли, действует гравитационное притяжение со стороны всех атомов, из которых состоит Земля.

Согласно концепции поля, участвующие во взаимодействии частицы создают в каждой точке окружающего их пространства особое состояние - поле сил, проявляющееся в силовом воздействии на другие частицы, помещаемые в какую-либо точку этого пространства.

В системе взаимодействующих частиц сила, действующая в данный момент времени на какую-либо частицу системы, не определяется расположением другой частицы в этот же момент времени, то есть изменение положения одной частицы сказывается на другой частице не сразу, а через определенный промежуток времени,

Таким образом, взаимодействие частиц можно описать только через создаваемые ими поля. Теория единого пространственного поля предполагает взаимодействие четырех полей: импульсного электромагнитного, импульсного электрического, постоянного магнитного и гравитационного.

Теория единого пространственного поля позволяет рассматривать вопросы эффективного обеззараживания, обессоливания и очистки воды, а также изучить влияния электрического, магнитного полей и электромагнитных волн на физические, химические и биологические процессы, происходящие в жидкостях.

В произвольном сечении трубы с текущей жидкостью, центр тяжести которой находится на высоте h от нулевого уровня отсчета, должно выполняться следующее соотношение (Закон Бернулли):

$$p + \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} = const, \quad (7)$$

где p – внешнее давление;

v – скорость движения через данное сечение;

ρ – плотность жидкости.

С энергетической точки зрения давление есть работа, совершаемая внешними силами над единичным объемом жидкости

$$W = \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} \quad (8)$$

Для двух произвольных сечений потока жидкости соблюдается закон сохранения энергии для текущей жидкости:

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}, \quad (9)$$

Вода, находясь в замкнутом пространстве (непроводящей трубе), испытывает давление со стороны единого пространственного поля, которое определяется силой, приходящей на единицу внешней поверхности [30]:

$$F = \int_0^{\tau} \mu_0 H J dx = \mu_0 H_0^2 \int_0^{\tau} \frac{\tau - x}{\tau^2} dx = \frac{\mu_0 H_0^2}{2}, \quad (10)$$

где F – сила, действующая со стороны единого пространственного поля;

H – напряженность поля;

J – ток проводимости;

τ – длина тонкого слоя.

С другой стороны:

$$F = \frac{\mu_0 i^2}{8\pi^2 a^2} \quad (11)$$

где a – радиус трубы.

Однако, Максвелловское представление о давлении поля является общим. Поэтому, легче и нагляднее представить происхождение такого давления, как взаимодействие единого пространственного поля и тока движущихся зарядов.

Молекула воды имеет большой дипольный момент ($P_e = 6,1 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$), вследствие чего на расстояниях, имеющих порядок расстояния между молекулами в жидкостях ($r = 10^{-10} \text{ м}$), вокруг неё возникает сильное электрическое поле согласно:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \quad (12)$$

$$\text{Откуда:} \quad \varphi \approx \frac{P_e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \approx \frac{6 \cdot 10^{-30} \cdot 36 \cdot \pi \cdot 10^9}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-20}} \approx 6 \text{ В}. \quad (13)$$

Это является причиной электрической диссоциации.

Следовательно, единое пространственное поле усиливает процесс диссоциации в воде, а орбитальные электроны двух атомов водорода и одного атома кислорода воды создают вокруг себя сильное неоднородное электрическое поле, что приводит к разделению воды и содержащихся в ней соединений на элементы.

Если жидкость движется со скоростью v поперек силовых линий поля с индукцией B , то в объеме жидкости наводится электродвижущая сила индукции:

$$\varepsilon = v \cdot B \cdot l, \quad (14)$$

где l —длина участка жидкости в трубе.

Сопротивление участка жидкости:
$$R = \frac{l}{\gamma \cdot l}, \quad (15)$$

где γ —удельная проводимость жидкости.

Индукцированный ток в жидкости:

$$i_{\text{инд.}} = \frac{\varepsilon}{R} = \gamma \cdot v \cdot B \cdot l^2. \quad (16)$$

По правилу Ленца индуцированный ток взаимодействует с полем так, что возникающая сила взаимодействия препятствует перемещению воды.

Таким образом, кроме обычных гидродинамических сил, в жидкости действуют ещё и электромагнитные силы.

Магнитная индукция поля индуцированных токов:

$$B_{\text{инд.}} = \mu_0 \cdot H_{\text{инд.}} \approx \frac{\mu_0 \cdot i_{\text{инд.}}}{l} \approx \mu_0 \gamma v B l. \quad (17)$$

Сила, действующая со стороны магнитного поля:

$$F_a = \gamma v B^2 l^3 \quad (18)$$

Эту силу можно сравнить с силой трения:

$$F_{\text{тр.}} = \eta \cdot l \cdot v, \quad (19)$$

где, η —коэффициент вязкости жидкости. Сила сопротивления давления:

$$F_{\text{дав.}} \approx p \cdot v^2 \cdot l^2. \quad (20)$$

Отношение силы Ампера к силе сопротивления давления называют критерием Стюарта:

$$N = \frac{F_a}{R} = \frac{\gamma \cdot B^2 \cdot l}{\rho \cdot v} \quad (21)$$

Сравнение силы Ампера (18) с силой сопротивления давления (20) дает нам критерий Гартмана:

$$M = \sqrt{\frac{F_a}{F_{\text{тр.}}}} = B l \sqrt{\frac{\gamma}{\eta}}. \quad (22)$$

Если жидкость течет по трубе поперек единого пространственного поля, то при малых числах Гартмана или Стюарта поле слабо влияет на характер течения, и сопротивление движению возникает в основном из-за вязкости жидкости.

При больших числах Гартмана или Стюарта вязкость жидкости отступает на второй план, сопротивление движению возникает в основном из-за взаимодействия жидкости с единым пространственным полем. В результате чего вода насыщается отрицательно заряженными ионами кислорода, то есть она является чистой. Положительные заряды водорода губительны для живого организма.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучение вопросов сравнительного анализа силовых электромагнитных импульсных систем и силовых электромагнитных устройств систем управления импульсным электромагнитным полем показало, что наиболее полно предъявляемым требованиям отвечает устройство систем управления исполнительным элементом, базирующееся на использовании импульсного электромагнитного поля и вихревого электрического поля.

2. Согласно результатам анализа силовых импульсных систем определены пути развития устройства единого пространственного поля.

3. Установлено, что устройство управления единым пространственным электромагнитным полем обладает расширенными функциональными возможностями.

4. На основании изложенной теории можно сделать следующие выводы:

- а) единое пространственное поле позволяет обеззараживать и очищать воду;
- б) импульсные электрические и магнитные поля позволяют насыщать воду ионами кислорода;
- в) пространственное поле позволяет удалять из воды тяжелые металлы;
- г) с помощью импульсных электромагнитных полей можно проводить дезинфекцию воды без использования реагентов, уничтожать вирусы, проводить стерилизацию молока и соков, нагревать жидкость за

счет увеличения внутренней энергии, создавать экологически чистые устройства с высоким коэффициентом полезного действия;

д) использование единого пространственного поля в разработке технологии и технологических средствах для обеззараживания и очистки воды позволяет значительно сэкономить энергетические и материальные ресурсы в пустынных и полупустынных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.А. Ибрагимова. Разработка устройств систем управления единым пространственным электромагнитным полем. Монография. Ташкент: Издательство «Фан» АН РУз, 2012. 120 с. [In Russian: Ibragimova, O.A. (2012) *Development of control systems for a single spatial electromagnetic field*. Monograph. Publishing house "Fan" Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan Ташкент].
2. А.с. IAP 02841. БИ №5. 31.10. 2005. – С. 62–63. Айнакулов Э.Б., Ли-Фан М. Способ обеззараживания воды. [In Russian: RP IAP 02841. IB No. 5. 10/31. 2005. –S. 62–63. Ainakulov, E.B., Li-Fan, M. *The method of water disinfection*].
3. А.с. IDP №04888. БИ № 5, 2001. Айнакулов Э.Б., Ли-Фан М. Способ обеззараживания воды. [In Russian: RP IDP No. 04888. IB No. 5, 2001. Ainakulov, E.B., Li-Fan, M. *The method of water disinfection*].
4. Предварительный патент № 52168.МПК С 02 F 1/48. 1998. [In Russian: *Preliminary patent* No. 52168. IPC C 02 F 1/48. 1998].
5. Обеззараживающее устройства /Л.И. Румянцев и др. //Патент Р.Ф. №2010773 //Бюллетень патентов и товарных знаков Р.Ф. –М.: МПО «Поиск» Роспатента. –№ 9.–15.04. 1994.–6с. [In Russian: *Disinfecting devices* / L.I. Rummyantsev, et al. // RP. No. 2010773 // Bulletin of patents and trademarks R.F. –Moscow: “Search” of Rospatent. –№ 9. – 15.04. 1994].
6. WIPO Patent Application WO / 2009 / 101528. [In Ukraine: Patent RU No. 2136600 published 1999.09.10.].
7. U S 005304302A. Patent Number: 5.304302, Apr. 19, 1994.
8. Раджабов А., Ибрагимов М., Бердышев А.С.. Технология водоподготовки в сельских населённых пунктах с использованием комплексно электрического и магнитного воздействия. //Иновационные технологии в управлении, образовании, промышленности. Часть 2. «АСТИНТЕХ –2007». Астрахань. –С.231–233. [In Russian: Radjabov, A., Ibragimov, M., Berdyshev, A.S. (2007) *Water treatment technology in rural areas using complex electric and magnetic effects*. // Innovative technologies in management, education, industry. Part 2. “ASTINTECH –2007”. Astrakhan].
9. Патент RU №2136600 опубликованный 1999.09.10. [In Ukraine: Patent RU No. 2136600 published 1999.09.10.].
10. Айнакулов Э.Б., Ибрагимова О.А. Способы обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. /Научный семинар молодых ученых «Актуальные проблемы инновационных технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент, 2011, –С.144–145. [In Russian: Ainakulov, E.B., Ibragimova, O.A. (2011) *Methods for disinfecting water by a pulsed electromagnetic field*. / Scientific seminar for young scientists "Actual problems of innovative technologies in railway transport." Tashkent].
11. Халиков А.А., Колесников И.К., Кривописин В.А., Айнакулов Э.Б. Очистка и обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. /Республиканская научно-техническая конференция Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Тез. докл.–Ташкент, 2005. –С.388–392. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Krivopishin, V.A., Ainakulov, E.B. (2005) Purification and disinfection of water by a pulsed electromagnetic field. / Republican Scientific and Technical Conference/ *Resource-Saving Technologies in Rail Transport*. Tashkent].
12. Халиков А.А., Колесников И.К., Нормухамедов А.А., Айнакулов Э.Б. Электромагнитная технология очистки и обеззараживания воды. /Всероссийская научная конференция Иновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСИНТЕХ–2007» часть 2, Астрахань, 2007. –С.244–247. [In Russian: (2007) Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Normuhamedov, A.A., Ainakulov, E.B. *Electromagnetic technology for cleaning and disinfecting water*. / *All-Russian Scientific Conference Innovative Technologies in Management, Education, and Industry "ASINTECH-2007"* part 2, Astrakhan, 2007. PP.244–247.].
13. Халиков А.А., Колесников И.К., Кривописин В.А., Айнакулов Э.Б. Очистка и обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. /Республиканская научно–техническая конференция Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Тез. докл.–Ташкент, 2005. –С. 388–392. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Krivopishin, V.A., Ainakulov, E.B. (2005) Purification and disinfection of water by a pulsed electromagnetic field. / *Republican Scientific and Technical Conference Resource-Saving Technologies in Rail Transport*. Tashkent].
14. Халиков А.А., Колесников И.К., Кривописин В.А. Промышленная установка очистки и обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. //Политранспортные системы. Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. –Красноярск. 2006. –С.315–321. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Krivopishin, V.A. (2006) *Industrial installation for purification and disinfection of water by a pulsed electromagnetic field*. // *Political transport systems. Materials of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference*. Krasnoyarsk].
15. Ибрагимова О.А. Исследование вопросов устойчивости и определение запасов устойчивости устройств, разработанные системы управления с обмоткой возбуждения единым поверхностным электромагнитным полем. /Научный семинар молодых ученых “Актуальные проблемы инновационных технологий на железнодорожном транспорте”. – Ташкент, 2011. – С.142–143. [In Russian: Ibragimova, O.A. (2011) *Research*

- of stability issues and determination of stability margins of devices, developed control systems with field winding by a single surface electromagnetic field. / Scientific seminar for young scientists "Actual problems of innovative technologies in railway transport". Tashkent].
16. Ибрагимова О.А. Формирование и расчет переходных процессов устройств систем управления с обмоткой возбуждения. //Проблемы информатики и энергетики. –Ташкент, 2012. –№1.–С54–59 [In Russian: (2012) Ibragimova O.A. Formation and calculation of transients of control systems devices with field winding. // Problems of computer science and energy, No 16 Tashkent].
 17. Халиков А.А., Колесников И.К., Кадыров О.Х., Ибрагимова О.А. Создание единого электромагнитного поля для обеззараживания, обессоливания и очистки воды. //Международный журнал «Химическая технология. Контроль и управление». №1(43). –С. 20–25.Ташкент–2012. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Kadyrov, O.Kh., Ibragimova, O.A. (2012) Creating a single electromagnetic field for disinfection, desalination and water purification // International journal "Chemical technology. Control and management." No. 1 (43), Tashkent].
 18. Ibragimova, O.A., Khalikov, A.A. (2013) Blanket representation and expedient of disinfecting of water the pulsing electromagnetic field. //IIUM Ingengering JOURNAL. ISSN: 1511–788X, Malaysia. Vol. 14, No 1. PP.163–172.
 19. Khalikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Ibragimova, O.A., Kurbanov, J.F. (2013) Theoretical bases of the disinfection, removing of salts and peelings of water by united spatial field. //Europen Applied Sciences, No1. ISSN 2195–2183. Nationales ISSN–Zentrum fur Deutschland. PP.82–85.
 20. Халиков А.А., Ибрагимова О.А. Пространственное вращающееся электромагнитное поле-основа обеззараживания, обессоливания воды. //Новый университет. Серия «Технические науки» №11–12 (21–22). С.38–41. Йошкар–Ола, 2013. [In Russian: Halikov A.A., Ibragimova O.A. (2013) Spatial rotating electromagnetic field is the basis of disinfection, desalination of water. // New University. Series "Engineering", No. 11-12. Yoshkar – Ola].
 21. Халиков А.А., Колесников И.К., Ибрагимова О.А. Вопросы областей применения, разработанного импульсного электромагнитного устройства обеззараживания и очистки воды//Журнал "Проблемы энерго и ресурсосбережение. –С. 208–211. Ташкент–2014. [In Russian: Khalikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Ibragimova, O.A. (2014) Issues of application for the developed pulsed electromagnetic disinfection and water treatment device. //Magazine "Problems of energy and resource saving, Tashkent].
 22. Халиков А.А., Колесников И.К., Ибрагимова О.А. Устройство обеззараживания и очистки воды единым пространственным полем/ Международная научно-практическая конференция «Инновация–2014». Сборник научных статей. –С. 299–300.Ташкент–2014. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Ibragimova, O.A. (2014) The device for disinfecting and treating water with a single spatial field/ International scientific-practical conference "Innovation-2014". Collection of scientific articles, Tashkent].
 23. Халиков А.А., Ибрагимова О.А., Колесников И.К. Очистка, обеззараживание и обессоливание воды пространственным электромагнитным полем. //Журнал «Энергосбережение и водоподготовка». Изд.: ЭНИВ. ISSN: 1992–4658. №3(89). –С. 9–13. Москва–2014. [In Russian: Halikov, A.A., Ibragimova, O.A., Kolesnikov, I.K. (2014) Purification, disinfection and desalination of water by a spatial electromagnetic field. // Moscow: Journal "Energy Saving and Water Treatment". Publisher: ENIV. ISSN: 1992-4658. No 3 (89)].
 24. Khalikov A.A., Ibragimova O.A. Decontamination and desalination single spatial electromagnetic field//Seventh World Conference on Intelligent System for Industrial Automation –“WCIS –2014”, Quadrat Verlag. PP.166–177.
 25. Khalikov A.A., Ibragimova O.A. (2015) Disinfection, desalination, water heating and single spatial electromagnetic field/ Materials of the international scientific and practical conference: "III anniversary of scientific readings." Collection of articles. Center of scientific publications. P. 21.Kiyev.
 26. Халиков А.А., Ибрагимова О.А., Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Вопросы определения скорости закрутки воды при её очистке и обеззараживания единым пространственным электромагнитным полем. /Международная научно–практическая конференция «Инновация–2015».Сборник научных статей. –С. 147–148.Ташкент–2015. [In Russian: Halikov, A.A., Ibragimova, O.A., Kolesnikov, I.K., Kurbanov, Zh.F. (2015) Issues of determining the swirling speed of water during its purification and disinfection by a single spatial electromagnetic field. / International scientific-practical conference "Innovation-2015". Collection of scientific articles, Tashkent. PP. 147–148].
 27. Халиков А.А., Ибрагимова О.А., Мусамедова К.А. Обеззараживание и обессоливание воды единым пространственным электромагнитным полем. // Научный альманах №3–3(29).– С.230–235. Тамбов–2017. [In Russian: Halikov, A.A., Ibragimova, O.A., Musamedova, K.A. (2017) Disinfection and desalination of water by a single spatial electromagnetic field. Tambov: Scientific almanac, No. 3–3 (29). PP.230–235].
 28. Халиков А.А., Ибрагимова О.А. Умудий фазовий электромагнит майдон бошқаруви тизими курилмаларини ишлаб чиқиш. // Журнал «Вестник ТашИИТ. Ташкент. 2017. –№1. –С. 95–99. [In Russian: Halikov, A.A., Ibragimova, O.A. (2017) Development of control systems for a single spatial electromagnetic field// Magazine "Vestnik TashIIT", Tashkent.No 1.PP. 95–99].
 29. Халиков А.А., Ибрагимова О.А., Мусамедова К.А. Теория единого пространственного электромагнитного поля, основы обеззараживания, обессоливания и очистки воды. // Иркутский научный журнал. «Наука в современном мире». № 9. 2017. –С.28–31. [In Russian: Halikov, A.A., Ibragimova, O.A., Musamedova, K.A. (2017) The theory of a single spatial electromagnetic field, the basics of disinfection, desalination and water purification //Irkutsk Scientific Journal. "Science in the modern world." No. 9. 2017. PP. 28–31].

30. Халиков А.А., Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Исследование и разработка единого пространственного электромагнитного поля и устройств на их основе. /Монография. Издательство “Фан ва технология”. Ташкент. –2019. –С.250. [In Russian: Halikov, A.A., Kolesnikov, I.K., Kurbanov, Zh.F. (2019) *Research and development of a single spatial electromagnetic field and devices based on them*/ Monograph. Publishing house “Fan wa technology”. Tashkent].