

### Устройство для водоподготовки и очистки воды

Ольга Валерьевна Наумова<sup>1</sup>, Елена Владимировна Спиридонова<sup>2</sup>, Данила Сергеевич Катков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия.

<sup>2</sup> Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

e-mail: spiritlena77@yahoo.com

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам очистки воды и организации водоподготовки для инженерных систем. Известные методы водоподготовки, такие как механические, электрофизические, химические не всегда способны обеспечить качество воды в системах теплоснабжения. Современные тенденции развития промышленности направлены на модернизацию технологического оборудования в плане реализации новых прогрессивных технологий. Для эффективной работы водонагревателей и снижения тепловых потерь в системе теплоснабжения и водоснабжения здания, необходимо свести к минимуму отложения накипи на внутренней поверхности труб. В статье описан принцип действия устройства энергокомбинированной обработки жидкости, способного интенсифицировать процесс активации, обеззараживания и очистки воды. Повысить качество воды возможно, применив комбинированную систему, включающую воздействие высоковольтного разрядного импульса, кавитации и магнитного поля. Воздействие на жидкость разрядным импульсом приводит к гибели патогенных микроорганизмов, а также обеспечить раскрепощение примесных ингредиентов. При магнитной обработке растворенные в воде ионы кальция, кремния и магния теряют свою способность к солеобразованию, а примеси, находящиеся в воде, присутствуют во взвешенном состоянии. Магнитное поле объединяет содержащиеся в воде взвеси, наблюдается процесс коагуляции примесных включений, которые после обработки не осаждаются на поверхностях трубопроводов, теплообменников и прочего оборудования. Следует отметить высокую эффективность при очистке и фильтрации различных частиц загрязняющих примесей, несмотря на то, что в большинстве случаев эти примеси состоят из совершенно немагнитных материалов. Использование предлагаемого метода представляет большой интерес при получении воды высокой степени очистки для химической, микробиологической и электронной промышленности.

**Ключевые слова:** водоподготовка; магнитное поле; вода; высоковольтный импульсный разряд; фильтр; активация; очистка; трубка Вентури.

**Для цитирования:** Наумова О. В., Спиридонова Е. В., Катков Д. С. Устройство для водоподготовки и очистки воды // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 89–91. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp89-91>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Device for water treatment and water purification

Olga Valerievna Naumova<sup>1</sup>, Elena Vladimirovna Spiridonova<sup>2</sup>, Danila Sergeevich Katkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

e-mail: spiritlena77@yahoo.com

**Abstract.** The article is devoted to the problems of water purification and organization of water treatment for engineering systems. Well-known methods of water treatment, such as mechanical, electrophysical, chemical, are not always able to ensure the quality of water in heat supply systems. Modern trends in the development of industry are aimed at the modernization of technological equipment in terms of the implementation of new progressive technologies. For the efficient operation of water heaters and to reduce heat losses in the heating and water supply system of the building, it is necessary to minimize scale deposits on the inner surface of the pipes. The article describes the principle of operation of an energy-combined liquid treatment device that can intensify the process of activation, disinfection and water purification. It is possible to improve the water quality by using a combined system that includes the effect of a high-voltage discharge pulse, cavitation and a magnetic field. Exposure to the liquid by a discharge pulse leads to the death of pathogenic microorganisms, as well as to ensure the emancipation of impurity ingredients. During magnetic treatment, the calcium, silicon and magnesium ions dissolved in water lose their ability to salt formation, and the impurities in the water are present in a suspended state. The magnetic field combines the suspensions contained in the water, the process of coagulation of impurity inclusions is observed, which after processing do not settle on the surfaces of pipelines, heat exchangers and other equipment. It is worth noting the high efficiency in cleaning and filtering various particles of polluting impurities, despite the fact that in most cases these impurities consist of completely non-magnetic materials. The use of the proposed method is of great interest in obtaining water of a high degree of purification for the chemical, microbiological and electronic industries.

**Keywords:** water treatment; a magnetic field; water; high-voltage pulsed discharge; filter; activation; cleaning; Venturi tube.

**For citation:** Naumova O. V., Spiridonova E. V., Katkov D. S. Device for water treatment and water purification // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):89–91. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp89-91>.

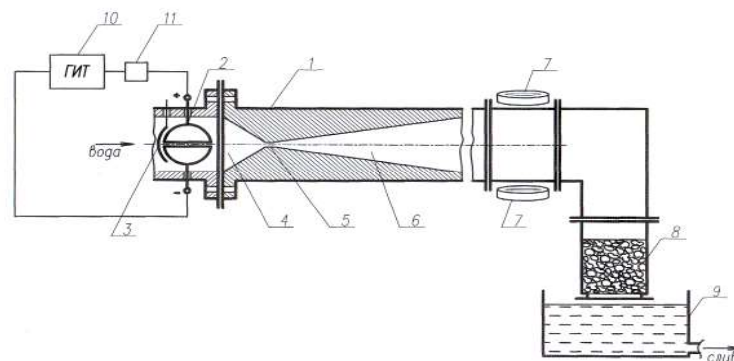
**Введение.** Работа энергетического оборудования и систем горячего водоснабжения в значительной степени зависит от качества водоподготовки. Водоподготовка должна обеспечить бесперебойную работу систем, чтобы исключить образование накипи и отложений на теплопередающих и проточных частях устройств, а также предотвратить образование коррозии внутренних поверхностей. Современные тенденции развития промышленности направлены





на модернизацию технологического оборудования в плане реализации новых прогрессивных технологий. Это касается обработки воды, предназначенной для нужд производственного водоснабжения, а также водоподготовки для систем теплоснабжения и котельных. Огромное значение имеет качество подпиточной воды, которая не должна приводить к накипеобразованию и коррозии водонагревателей и другого оборудования. В процессе водоподготовки применяют грубую очистку воды от механических примесей, обеззараживание, умягчение, деаэрацию (удаление из воды таких газов, как кислород и углекислый газ).

**Методика исследований.** В настоящее время применяют различные методы водоподготовки: механические, физические, электрофизические и т.п., однако для достижения необходимой степени очистки они являются малоэффективными. Повысить качество воды возможно, применив комбинированную систему, включающую в себя воздействие высоковольтного разрядного импульса, кавитации и магнитного поля. На рисунке представлено устройство энергокомбинированной обработки жидкости, способное интенсифицировать процесс активации, обеззараживания и очистки.



*Устройство для энергокомбинированной обработки жидкости:*

- 1 – трубка Вентури; 2 – камера с монтированными изолированными электродами в виде полусфер; 3 – отражатель; 4 – конфузور (передняя часть); 5 – диффузор (средняя узкая часть); 6 – расширяющаяся концевая часть; 7 – участок трубопровода с источником магнитного поля; 8 – фильтр; 9 – накопительный резервуар; 10 – генератор импульсов тока; 11 – формирующий разрядник

Работа установки осуществляется путем подачи воды из водопровода в трубку Вентури 1, где подвергается высоковольтной обработке между изолированными электродами в виде полусфер 2 с отражателем 3. В генераторе импульсов тока (ГИТ) 10 первичное напряжение в трансформаторе преобразуется в высокое напряжение (порядка 7...10 кВ) и подается на выпрямитель, а далее в конденсатор, подключенный через формирующий разрядник. В формирующем разряднике 11 и между электродами 2 (находящимися в конфузоре 4 с водой) происходит пробой. Для формирования многократно повторяющихся импульсов тока, воспроизводящих электрогидравлический эффект, использовался простой и надежный генератор импульсов тока (ГИТ) 10, типа RC. Подбор основных параметров работы электрогидравлической установки осуществлялся в соответствии с особенностями обрабатываемой жидкости. Обработку воды вели мягким режимом ( $C \geq 0,47$  мкФ;  $U \leq 10$  кВ), который гарантировал давление от 27 до 28 кПа, при этом максимальная энергия импульса составляет 23,5 Дж, что соответствует оптимальному значению и обеспечивает расширение кавитационной полости. Воздействие на жидкость разрядным импульсом (электрогидравлический эффект Юткина [1]) приводит к сложным физико-химическим процессам, позволяющим за короткий промежуток времени ( $10^{-4} \dots 10^{-7}$  с) благодаря воздействию ударных волн вызвать дезинтеграцию и гибель микроорганизмов, а также обеспечить раскрепощение примесных ингредиентов. Вследствие мгновенного «ударного» подключения накопителя энергии создает электрогидравлический удар, в результате которого в воде возникает зона высокого давления. Эта зона, расширяясь с большой скоростью разрядного стримера вытесняет из заданного объема воды воздух и пароводяную плёнку на периферию канала, образует полость кавитации, вызывая основной гидравлический удар, а при схлопывании с большой скоростью второй гидравлический удар. Помимо явления кавитации возникают ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение и повышение температуры. Причем, кольцо, образующееся между электродами 2, очень интенсивно захватывает большой объем жидкости, который благодаря отражателю 3 обеспечивает направленное движение основного возмущенного потока, который становится длинным, метательным, пригодным для усиления кавитации при прохождении жидкости через горловину 5, обеспечивая тем самым повышенный активирующий эффект [2–5]. Кавитация легко достигается при прохождении жидкости каких-либо препятствий (резкое сужение потока) при высоких скоростях движения. Реализация этого процесса является малозатратной, т.к. кавитация возникает в зоне препятствий потока, то есть не распределяется по всей площади сечения. Заряженные частицы в воде способствуют формированию фазового перехода, состоящего из свободной и связанной воды.

Преобладание мягких акустических и инфракрасных составляющих способствует усилению действия ударной волны. Мелкие капли воды поступают в область конфузора 4, а затем, пройдя горловину 5, где возникает усиленное явление кавитации, попадают в диффузор 6. Ультразвуковая кавитация с частотой колебаний  $16 \cdot 10^3 - 10^8$  Гц приводит к механическому разрушению бактерий при обеззараживании воды. Образованные в жидкости пузырьки-каверны, заполненные парогазовой смесью, попадая в область с давлением выше критического, разрушаются, излучая мощные ударные волны, которые способствуют очистке воды, так как кавитация способна разрушать примесные включения, бактерии и вирусы в воде. На частотах от 20 до 30 кГц основная масса бактерий гибнет в течение 2–5 с. Следует

иметь в виду, что облучение микроорганизмов ультразвуком малой интенсивности может стимулировать их рост, поэтому необходимо, чтобы интенсивность составляла более 2 Вт/см<sup>2</sup> при частоте 46 кГц [6].

**Результаты исследований.** Высоковольтная обработка воды оказывает воздействие на изменение магнитной восприимчивости и молекулярных колебаний системы, а также приводит к ее поляризации за счет пространственной перегруппировки ионов, растворенных веществ и дипольных молекул. Далее активированная вода поступает на участок с источником магнитного поля 7, где благодаря применению катушки индуктивности обеспечивается ориентационная поляризация атомов и молекул. Изменяя плотность магнитного потока от 0,005...0,0035 Т в диапазоне частот 4...20 Гц через контур ограниченной площади, удается управлять электродвижущей силой (ЭДС индукции) и тем самым воздействовать на процесс структурирования воды. Магнитная обработка обеспечивает целенаправленный процесс воздействия на воду, но при определенных значениях магнитной индукции и скорости движения воды возможно возникновение эффекта магнитогидродинамического резонанса. Совпадение частоты силы Лоренца и собственных колебаний воды приводит к изменению структуры вещества без изменения его агрегатного состояния, а магнитное поле объединяет содержащиеся в воде взвеси, наблюдается процесс коагуляции примесных включений, которые после обработки не осаждаются на поверхностях трубопроводов, теплообменников и прочего оборудования.

Эффективность магнитной обработки находится в зависимости от напряженности магнитного поля, скорости протекания воды, химического состава и концентрации примесей. Сотрудниками акционерного общества «Государственный научно-исследовательский институт горно-химического сырья» г. Москва в результате проведенных исследований было установлено, что магнитное поле на самом деле может управлять поведением немагнитных частиц, но только не прямо, а через сложный физико-химический процесс. Таким образом было установлено, что в магнитном поле резко падает так называемый электрокинетический потенциал и, действуя на движущиеся в потоке заряженные частицы, а они заряжены из-за осевших на них ионов, разворачивает их пути в потоке согласно обычным физическим законам. Частицы, сталкиваясь, начинают слипаться, коагулировать, а суммарная поверхность, на которую оседают ионы, уменьшается [7–9]. Ионы выдвораются обратно в раствор, электрокинетический потенциал падает, а вода очищается. Обработанная вода проходит через фильтр 8, где происходит осаждение коагулянта, что способствует более тонкой очистке воды, поступает в накопительный резервуар 9 и далее в магистральный трубопровод потребителям.

Следует отметить высокую эффективность при очистке и фильтрации различных частиц загрязняющих примесей, несмотря на то, что в большинстве случаев эти примеси состоят из совершенно немагнитных материалов.

**Заключение.** Использование предлагаемого метода представляет большой интерес при подготовке и очистке воды для хозяйственно-бытовых нужд, подготовке воды для систем теплоснабжения, а также для различных отраслей промышленности, таких как химическая, микробиологическая и электронная.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности, Машиностроение, Ленинград, 1986, 253 с.
2. А.с. СССР 861332 (1981)
3. Мнухин А.Г. Обеззараживание поверхностных и сточных вод с помощью электрогидравлического воздействия // Мнухин А.Г., Брюханов А.М., Насонов С.В. Водоснабжение и санитарная техника, 11, 23-28 (2002).
4. Пат. РФ № 85469 РФ, Б.И., № 22 (2009)
5. Наумова О.В. Структурирование и очистка воды с помощью высоковольтного импульсного разряда. // Наумова О.В., Чесноков Б.П., Спиридонова Е.В. Актуальные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. Материалы VII очной Международной научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова, 200–203 (2018).
6. Наумова О.В. Свойства воды и её роль в повышении урожайности зерновых культур. // О.В. Наумова, Б.П. Чесноков Аграрный научный журнал, 10, 41–43 (2015).
7. Пат. РФ 85469 (2009).
8. Гурницкий В.А., Никитенко Г.В., Антонов И.В., Антонов С.А. Магнитом по воде. И.Р., 2, 12 (2001).
9. Сокольский Ю.М. Омагниченная вода: правда и вымысел. Химия, Ленинград, 1990, 143с.
10. Otsuka I., Ozeki S. Does Magnetic Treatment of Water Change Its Properties? Physical Chemistry, Japan, 110, 1509–1512 (2006).

#### REFERENCES

1. Yutkin L.A. Electrohydraulic effect and its application in industry, Mechanical engineering, Leningrad, 1986, 253 s.
2. A.S. USSR 861332 (1981)
3. Mnukhin A.G. Disinfection of surface and waste water by electrohydropical action. // A.G. Mnukhin, A.M. Bryukhanov, S.V. Nasonov Water supply and sanitary equipment, 11, 23-28 (2002).
4. Pat. RFNo. 85469 RF, B.I., No. 22 (2009).
5. Naumova O.V. Structuring and purification of water using a high-voltage pulse discharge. // O.V., Naumova, B.P. Chesnokov, E.V. Spiridonova Actual problems and prospects of development of construction, heat and gas supply and energy supply. Materials of the VII intramural International Scientific and Practical Conference. Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 200–203 (2018).
6. Naumova O.V. Properties of water and its role in increasing the yield of grain crops. // O.V. Naumova, B.P. Chesnokov Agrarian Scientific Journal, 10, 41-43 (2015).
7. Pat. RF 85469 (2009).
8. Gurnitsky V.A., Nikitenko G.V., Antonov I.V., Antonov S.A. With a magnet on water. I.R., 2, 12 (2001).
9. Sokolsky Y.M. Magnetized water: truth and fiction. Chemistry, Leningrad, 1990, 143c.
10. Otsuka I., Ozeki S. Does Magnetic Treatment of Water Change Its Properties? Physical Chemistry, Japan, 110, 1509–1512 (2006).

*Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 19.02.2022; принята к публикации 26.02.2022.  
The article was submitted 12.01.2022; approved after reviewing 19.02.2022; accepted for publication 26.02.2022.*

