

Поперечное сечение щели меняется с вибрацией, при синхронно открывающемся и схлопывающемся квансионными пузырьками в зазоре, что сопровождается граничным трением плоских поверхностей щелеватых дисков. В случае плотного смыкания в зазоре, не превышающем высоты шероховатости, твёрдые взвеси флюида разрушаются до величин нанометров. Это позволяет дополнительно использовать термовспышки при граничном трении. Устройство в сборе представлено на рисунке 4.

Вибронагруженные элементы рассчитаны методами SOLIDVORKS и поясняются на рисунках 2 и 3, где показан принцип параметрического возбуждения колебаний щелевого диска и определение зоны предельного напряжения при квазистатических радиальных нагрузках.

Список использованных источников

1 Shestakov S., Krasulya O., Baulina T. Sonochemical Reactor with Phase Control // International Journal of Engineering Inventions, Vol. 3, No 7, 2014, pp. 3-12

2 Шестаков С.Д., Ринк Р. Сонохимический реактор с симметричной колебательной системой акустической ячейки и непараметрическим (фазовым) управлением излучателями // Труды 1-ой Всероссийской акустической конференции, Москва, 6-10 октября 2014, С. 80-93

3 Shestakov S., Smeshek E., Hydrodynamic Sonochemistry in Food Processing // IOSR Journal of Engineering Vol. 5, Issue 11, November 2015, pp. 5-11, Бюл. №26// Открытия. Изобретения. – №26.

4 А. Капсаров. The influence of frequency of longitudinal vibrations on fatigue characteristics of 10 and 40X steels at hydraulic loading // creep and coupled processes, IV th international symposium, Bialystok, Poland, September 24-26, 1992, P 53-56.

5 Капсаров А.Г., Довгялло И.Г., Бельский С.Е., Горновский Д.А. Влияние частоты механических колебаний на циклическую прочность элементов трубопроводов, дополнительно нагруженных внутренним гидростатическим давлением // Труды БГТУ, выпуск II, ЛИД, Минск, 1994, С. 150-158.

УДК 628.16

Ю.М. Аверина¹, канд. техн. наук, доц. каф. ИМиЗК, предс. ОСМУСС;
А.Ю. Курбатов¹, канд. техн. наук, инж.; И.А. Швецов², начальник конструкторского бюро
¹РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия,
²Красногорский оптико-механический завод им. С.А. Зверева, г. Красногорск, Россия

СПОСОБ БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Основными проблемами, принуждающими производить очистку природных вод, являются такие факторы как:

– повышенное содержание вредных для организма человека веществ в воде (железо, марганец, тяжёлые металлы, растворенные газы и т. д.);

– содержание в воде, так называемых «солей жесткости», приводящих к выходу из строя различного теплотехнического оборудования в процессе его работы и вредно влияющих на кожный покров человека.

– содержание в воде различных патогенных микроорганизмов (кишечная палочка и т. д.);

В последнее время в водоподготовке явно видна тенденция к применению современных, высокоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Также стоит учитывать, что эксплуатационные затраты применяемых установок очистки воды значительно снижаются за счет применения безреагентных технологий.

Владельцы частной загородной недвижимости, малых предприятий сельского хозяйства, небольших котельных и производственных предприятий с децентрализованным во-

доснабжением в первую очередь сталкиваются с выбором и индивидуальной организацией процесса водоподготовки. Основным источником воды в таких случаях являются артезианские скважины.

В настоящее время существует большое количество разнообразных методов очистки воды. Для малых объёмов очищаемой воды выгоднее применять одни методы, а для промышленных – другие. Многие методы до сих пор являются весьма неэффективными, особенно с экологической точки зрения, а иногда даже и специфическими (работают в узком диапазоне параметров исходной воды).

Одним из основных недостатков широко применяемых сегодня технологий по обработке воды является их экологическая составляющая и узкий диапазон исходных параметров воды. Как известно, самым дешёвым методом очистки воды, (например, от железа и марганца) является метод с применением химических реагентов. В теплоэнергетике также самой дешевой водоподготовкой считается химический метод. Естественно, применение дополнительных химических реагентов отрицательно влияет на окружающую среду. Наряду с этим стоит отметить, что в последнее время усиливается контроль за сбросами сточных вод предприятий и хранению химикатов, что при различных нарушениях способствует увеличению финишной стоимости очистки воды.

Также немаловажный вклад, помимо экологии, вносит итоговая стоимость очистки 1 метра кубического воды, т.к. в неё входят не только траты на обработку, содержание склада с реагентами, но и утилизация извлеченных вредных компонентов в процессе обработки.

Применение экологически безопасных и одновременно эффективных методов для обработки воды становится приоритетной задачей на ближайшее будущее. В связи с этим, одним из возможных решений текущих проблем в водоподготовке на современном этапе можно считать многофункциональную и одновременно экологичную технологию очистки воды, предназначенную для одновременного:

- обезжелезивания;
- деманганации;
- умягчения;
- аэрации;
- дегазации;
- частичного обеззараживания.

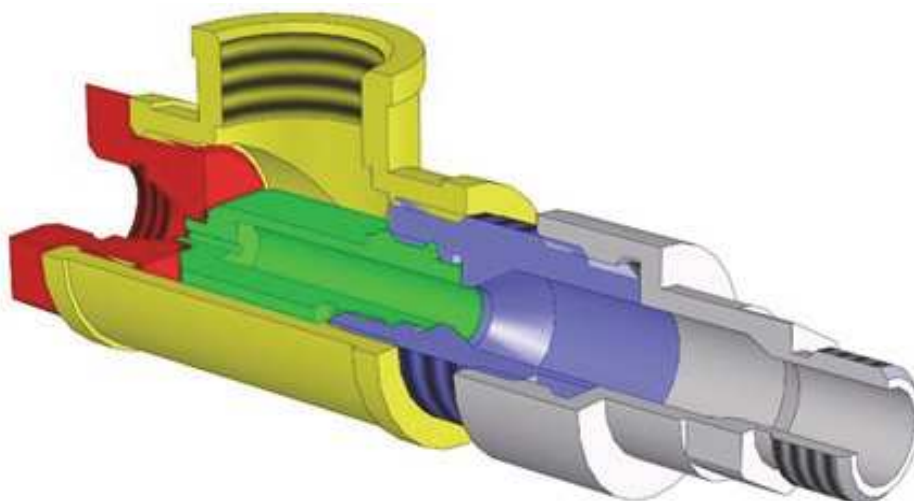


Рисунок 1 – ГДГК – гидродинамический генератор колебаний

Новизна и актуальность предлагаемой методологии очистки воды в том, что все перечисленные выше стадии обработки осуществляются при помощи одного единственного устройства – гидродинамического генератора колебаний (ГДГК) без какого-либо применения

химических реагентов. ГДГК-устройство способствует интенсификации массообменных процессов лишь за счёт использования собственной кинетической энергии обрабатываемого потока жидкости. После прохождения обрабатываемой жидкости через ГДГК-устройство, окисленные/нерастворимые соединения остаётся лишь механически отфильтровать.

Обрабатываемая вода подаётся сверху, подача воздуха (при необходимости) осуществляется слева.

В процессе обработки природной воды при помощи специально разработанного гидродинамического генератора колебаний (ГДГК), возникшее явление кавитации, сопровождается сонолюминесценцией, которая свидетельствует о более «развитой» кавитации, что в свою очередь приводит к снижению энергии активации химических процессов, значительно интенсифицируя протекание этих массообменных процессов в целом.



а

б

а – без обработки; б – после обработки

Рисунок 2 – Диспергирование пузырьков воздуха в воде в процессе обработки

На базе представленного устройства была собрана экспериментальная установка для проведения испытаний в реальных условиях.



Рисунок 3 – Экспериментальная установка в Перedelкино (РФ)

Помимо этого, заявленный способ обладает рядом преимуществ:

- полная экологическая безопасность (воздействие на воду осуществляется только за счёт кинетики самого потока обрабатываемой воды);
- простота и долговечность применяемого оборудования (к примеру, процесс аэрация происходит без наличия какого-либо дополнительного оборудования);

– возможность быстро подстраивать применяемое оборудование под необходимые условия обработки;

– компактность установки;

– полная автономность в работе;

За счёт многофункциональности применяемого ГДГК, разработанная установка представляется весьма компактной

Более того, основным отличием является возможность применения данной технологии в широком диапазоне параметров обрабатываемой воды:

– температура обрабатываемой воды – от 4 °С;

– содержание удаляемых веществ: Fe^{2+} – до 5 мг/л, Fe^{3+} – до 15 мг/л, Mn^{2+} – до 0,5 мг/л, жёсткость – до 10 еЖ;

– содержание растворенных в воде газов – любое.

Представленная установка не требует затрат на обслуживание, т.к. нет специальных регенерируемых сред, дополнительного использования химических реагентов и быстроизнашивающихся компонентов (явление кавитации не разрушает стенки ГДГК т.к. разрыв сплошности потока происходит не как при «обтекании твёрдого тела», а по оси движения закручиваемого потока жидкости). Конструкция ГДГК не содержит движущихся частей и проста в использовании.

В процессе работы представленной установки требуется лишь промывка засыпного фильтра (кварцевый песок) противотоком, предназначенного для «механического отфильтровывания» образовавшихся в процессе обработки воды нерастворимых частиц.

Предлагаемая технология относится к экологичной технологии комплексной обработки воды. Отличительными признаками разрабатываемой технологии, от основных используемых установок, является направленность на широкий круг частных потребителей, за счёт многофункциональности применяемых ГДГК, наряду с полной экологичностью технологии, а также надёжностью и компактностью установок.

При этом не стоит забывать и об экономической стороне вопроса, т.к. заявленная технология (насос с ГДГК) на практике обеспечивает собой замену сразу нескольких стадий обработки, что в конечном итоге снижает финишную стоимость очистки воды.

Показатель	До очистки	После очистки
посёлок Переделкино		
Fe^{2+} , мг/л	0,6 – 0,8	< 0,1
Fe^{3+} , мг/л	0,4 – 1,6 (сезон)	< 0,1
Mn^{2+} , мг/л	0,3	< 0,1
Жёсткость, мг-экв/л	4,5	3,3
г. Боровск (Калужская область)		
Fe^{2+} , мг/л	1,8 – 2,2	< 0,3
Fe^{3+} , мг/л	0,5 – 0,7	< 0,1
Mn^{2+} , мг/л	0,2	< 0,1
Жёсткость, мг-экв/л	6,3	4,2

Рисунок 4 – Результаты испытаний опытной установки

Примечания:

1. Обработка жидкости происходила за ОДИН проход через устройство.

2. Планируемые гидродинамические характеристики не достигнуты (требуется модернизация устройства под существующий насос).

3. Режим обработки - без дополнительной аэрации.

Важным моментом является то, что данный диапазон исходных параметров обрабатываемой воды представлен для однократного прохождения воды через ГДГК. Следова-

тельно, при многократном прохождении обрабатываемой воды через ГДГК этот диапазон значительно увеличивается.

Существующие наиболее близкие аналоги технологии в качестве возбудителя кавитационных явлений в жидкости используют акустические излучатели, что не позволяет получить широкое распространение из-за недолговечности этих акустических излучателей и, соответственно, увеличения итоговой стоимости очистки по сравнению с представленной технологией. Так же стоит отметить, что при акустическом возбуждении кавитационных явлений, эффективность действия кавитации обратно пропорциональна расстоянию от центра возбуждения кавитации, т.е. объём жидкости подвержен воздействию кавитации неравномерно, чего не наблюдается при гидродинамической кавитации.

Основные показатели	ГДГК - устройство с насосом	напорная аэрация	обезжелезивание и деманганация	умягчение
Производительность, м ³ /ч	2	2		
Потребляемая мощность, кВт/ч	2,5	от 1 до 2		
Стоимость оборудования, тыс. руб.	110	40	40	30
		110		
Применение химических реагентов	нет	нет	да, (Вirm, «Аквалат»)	да, (Lewatit S 1567)
Последующие затраты и обслуживание	Осмотр, прочистка каналов (при необходимости)	Обслуживание компрессора, замена/регенерация «засыпок», утилизация хим. стоков, химическое хозяйство		

Рисунок 5 – Коммерциализация предлагаемого метода

По имеющимся научным и экспериментальным наработкам можно сделать вывод, что разрабатываемая установка будет являться универсальной для получения воды питьевого качества.

Предложенный способ может быть использован в области водоподготовки для частных домов, коттеджей и промышленных предприятий, а также сельского и коммунального хозяйства, как в централизованных, так и децентрализованных системах водоснабжения.

Список использованных источников

- 1 Курбатов А.Ю., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А. Способы очистки воды от растворенного железа и марганца. // Химическая промышленность сегодня 2012. №4. С. 48-56.
- 2 Аснис Н.А., Баталов Р.С., Борткевич С.В., Ваграмян Т.А., Курбатов А.Ю. Очистка воды от железа с использованием волновых гидродинамических устройств. // Химическая промышленность сегодня 2012. №9 С. 36-39.
- 3 Аснис Н.А., Баталов Р.С., Борткевич С.В., Курбатов А.Ю., Дежкунов Н.В., Ваграмян Т.А. Очистка природных вод от железа с использованием волновой технологии. // Химическая промышленность сегодня 2014. №4. С. 20-28.
- 4 Курбатов А.Ю., Аверина Ю.М., Меньшиков В.В., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Юрьева Г.А., Мамателашвили М.Т. Окисление двухвалентного железа в различных водных средах. // Химическая промышленность сегодня 2013. №10. С. 36-41.
- 5 Способ очистки воды: пат. № 2525177 Российская Федерация / Курбатов А.Ю., Аснис Н.А., Баталов Р.С., Борткевич С.В., Аверина Ю.М., Ваграмян Т.А. - №2012150980/05; заявл. 28.11.2012; опубл. 10.06.2014.