

УДК 663.63.0

ВИБРАЦИОННОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ПРИ КОАГУЛИРОВАНИИ ВОД

Цыкунов Е.В., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Иванов М.В., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Для интенсификации многих процессов водоподготовки широко применяется коагулирование примесей воды. Обработка воды коагулянтами применяется в основном для корректировки таких параметров как содержание взвешенных веществ и цветности. Данные параметры зачастую обусловлены частицами с низкой скоростью осаждения. При добавлении в воду, коагулянты образуют относительно крупные, быстро осаждающиеся хлопья, которые увлекают с собой при осаждении мелкодисперсную взвесь, загрязняющую воду.

Для того чтобы после введения реагентов химические реакции протекали во всем объеме обрабатываемой воды, необходимо полное и быстрое смешивание реагентов с водой. Смешивание должно закончиться до того, как начнется образование хлопьев во всей массе воды. Обычно продолжительность пребывания воды в смесителях изменяется от 10 секунд до двух минут [1].

Смесители, применяемые на водоочистных станциях, можно подразделить на две группы:

- гидравлические, в которых смешивание реагентов с водой достигается за счет энергии потока воды, расходуемой на повышение его турбулентности (создание вихрей); к этому виду относится смешивание собственно в трубе и в трубе с диафрагмами, а также в смесителях перегородчатых, дырчатых, вихревых [1];
- механические, в которых турбулентность потока усиливается мешалками различных типов, приводимыми в действие внешними источниками энергии; смешивание в центробежном насосе, а также в смесителях с пропеллерными и лопастными мешалками [1].

Для смесителей гидравлического типа необходимо учесть условия высотного расположения отдельных сооружений водоочистной станции, для обеспечения перепада

высот. Явным недостатком гидравлических смесителей является зависимость эффективности смешения от скорости движения воды. Таким образом, при уменьшении расхода жидкости качество перемешивания может снижаться. Так же гидравлические смесители обладают большими габаритами.

Механические смесители имеют свои недостатки, отличные от недостатков гидравлических смесителей. Среди них высокие затраты электроэнергии и наличие подвижных частей и механизмов. При использовании данного вида смесителей встает вопрос о повышении надежности и снижении эксплуатационных затрат.

Основным недостатком лопастных мешалок является плохое перемешивание по вертикали, что делает их непригодными для работы с тяжелыми осадками. Однако пропеллерные мешалки в определенной степени лишены этого минуса. Все описанные механические мешалки имеют высокие капитальные затраты и низкие параметры надежности. Причиной этого является сложность центрирования подвижной части, особенно при длине штока более чем 500-700 мм. Нельзя забывать и о наличии “мертвых зон”, особенно в аппаратах прямоугольной формы, которые возникают при использовании лопастных и пропеллерных мешалок.

Особый интерес, как альтернативный метод перемешивания коагулянта с жидкостью, представляет метод, при котором происходит наложение низкочастотных колебаний на взаимодействующие среды. Аппараты, в которых используются низкочастотные колебания, используются в химической промышленности для приготовления растворов, суспензий, эмульсий и характеризуются высокой эффективностью массообменных процессов при большой удельной производительности [2]. Хотя использование данного метода применительно к интенсификации процесса коагуляции мало изучено.

Существует два способа введения низкочастотных колебаний в массообменные аппараты - создание возвратно-поступательного движения взаимодействующих фаз и создание колебательного движения насадки аппаратов. Аппараты, в которых используется первый способ, получили название пульсационных, аппараты, в которых используется второй способ - вибрационных. Следует отметить, что по сравнению с пульсационными аппаратами, вибрационные аппараты обладают рядом достоинств, среди которых простота конструкции и низкие энергозатраты, в связи с этим в представленной статье будет рассмотрен только данный вид аппаратов.

Аппараты с вибрирующей насадкой, как показывает само название, характеризуются наличием в них перемешивающих устройств, совершающих

колебательные движения и получающих колебательные импульсы от вибраторов (электромеханических, электромагнитных и др.).

Вибрирующие насадки располагаются в жидкости в определенном порядке, зависящем от размеров и конфигурации рабочей камеры. При вибрации насадки в жидкости возникают отдельные турбулентные струи, которые на некотором расстоянии от насадки сливаются в единый поток, осуществляющий процесс перемешивания. При этом перемешивание является следствием двух факторов – направленной циркуляции жидкости, вызванной разностью гидравлических сопротивлений сужающихся и расширяющегося каналов и колебаний с частотой вибрации диска.

Для исследования эффективности виброперемешивания используется лабораторная установка, схема которой представлена на рис.1.

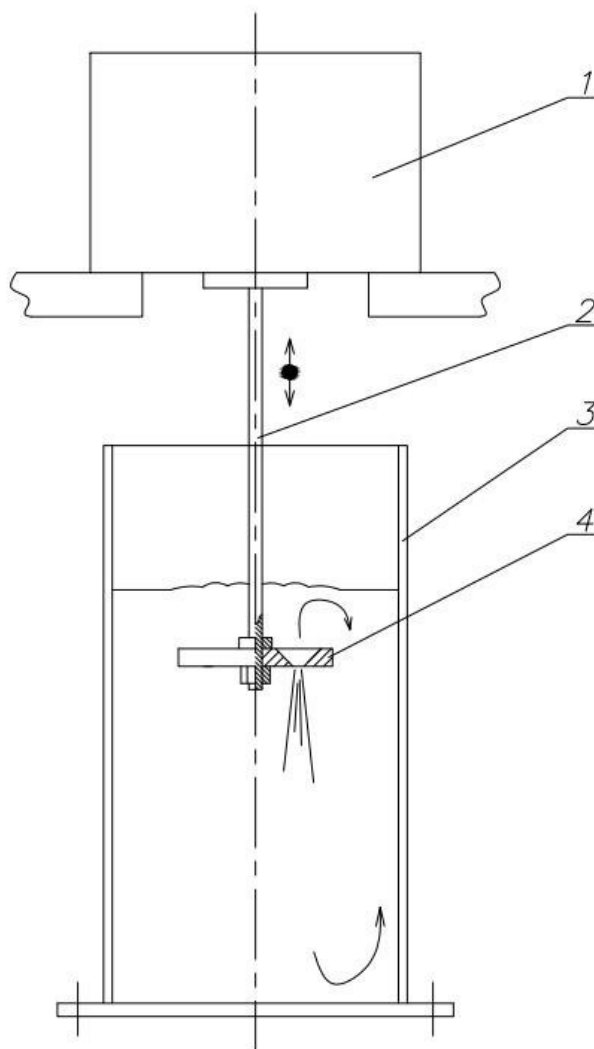


Рис.1. Схема лабораторной виброперемешивающей установки

Установка (см. рис.1) состоит из вибростенда “1”, штока “2”, цилиндрического сосуда “3” и перфорированного поршня “4”.

При разработке вибрационного перемешивающего аппарата была выдвинута гипотеза о том, что наиболее эффективное перемешивание достигается при работе аппарата на собственных частотах. Для этого, в соответствии с размерами лабораторной установки, была изготовлена вибрирующая насадка или поршень. Далее был определен спектр собственных колебаний поршня, погруженного в перемешиваемую жидкость. Схема установки для определения собственных частот представлена на рис. 2.

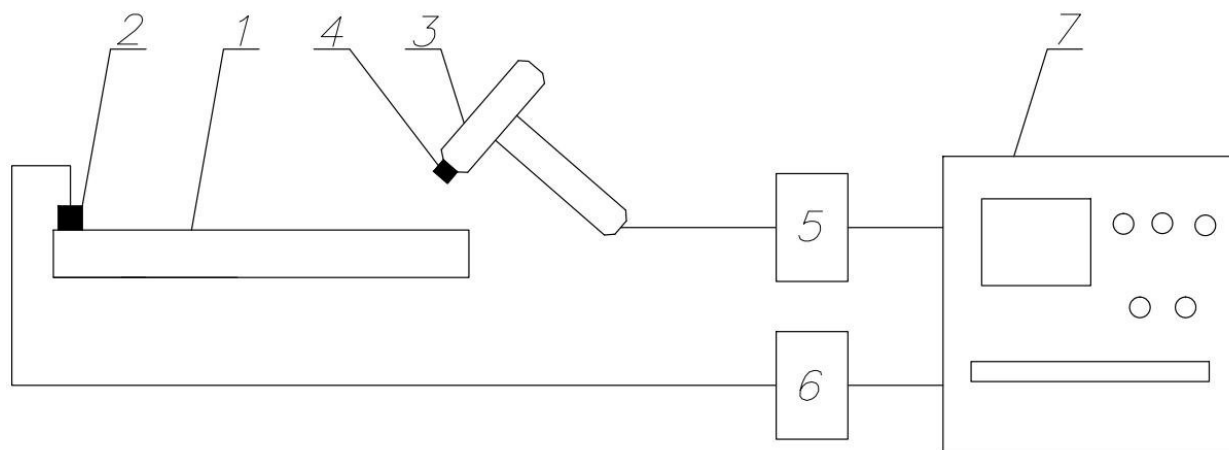


Рис. 2. Схема установки для определения собственных частот поршня

Установка (см. рис.2) состоит из исследуемого объекта “1”, в нашем случае это поршень. Так же в установку входят датчик ускорения “2” (акселерометр), ударный молоток “3”, датчик силы “4”, предварительные усилители сигнала “5” и “6”, анализатор реального времени “7”. Поршень “1” свободно подвешивается в воздухе на резиновых подвесах для обеспечения наличия всех степеней свободы данного поршня. На поршень крепится акселерометр “2” для определения уровня вибрации. Далее после подключения всего необходимого оборудования производится серия ударов молотком “3” по поршню, вследствие чего, после преобразования сигналов, с помощью анализатора реального времени “7” определяется спектр собственных колебаний поршня, который представлен на рис.3.

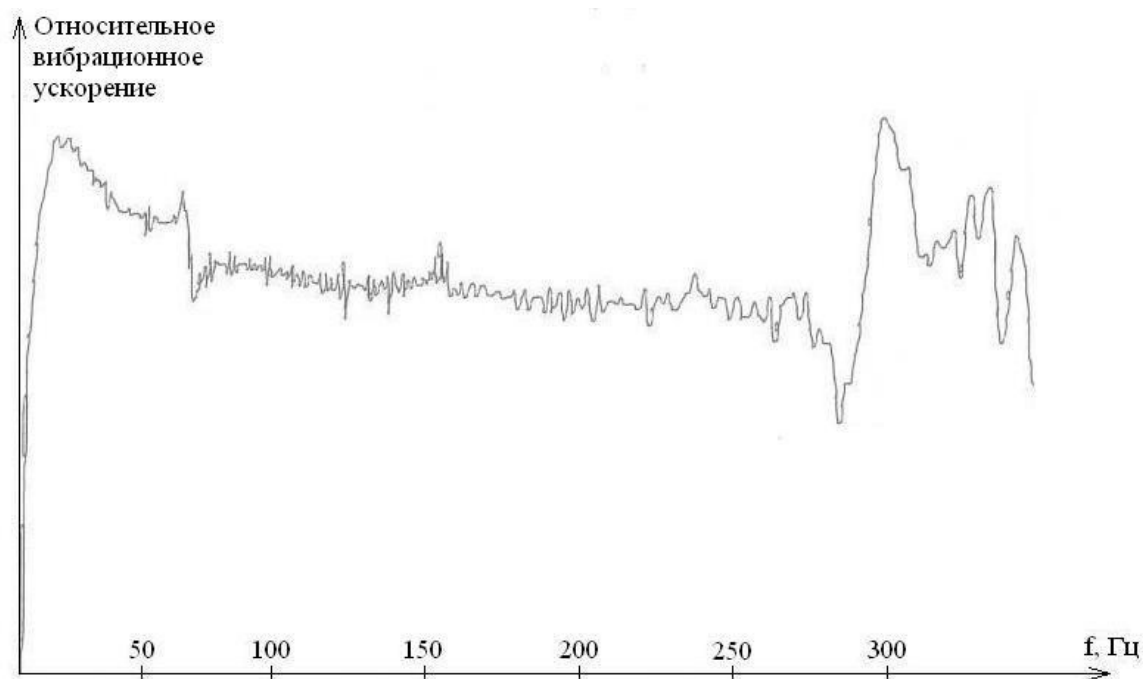


Рис. 3. Спектр собственных колебаний поршня

Из анализа спектра было определено, что интересными для исследования резонансными частотами для поршня являются частоты 19 и 65 Гц.

Следующим шагом является проведение серии экспериментов. Варьированию подвергаются такие параметры процесса перемешивания как доза реагента, виброускорение поршня (или подводимая мощность), частота колебаний поршня, время перемешивания.

Эксперимент проводился следующим образом. Из чистой воды и грунта на основе торфа приготавливалась модельная жидкость, которая помещалась в цилиндрический сосуд одновременно с реагентом, при этом все элементы лабораторной установки находились в сборе (рис.1). В качестве реагента был использован коагулянт Аква-аурат 30. Затем начинался процесс перемешивания с определенной частотой, виброускорением поршня и временем перемешивания. Следом за перемешиванием отбиралась проба жидкости. После отстаивания пробы определенное время, порядка 20 минут, производилось измерение мутности пробы на турбидиметре.

Изменяя различные параметры процесса перемешивания, удалось определить их влияние на эффективность процесса. Следует отметить, что в начале эксперимента была получена необходимая доза реагента, и все дальнейшие работы проводились при этой дозе.

В качестве результатов можно выделить следующее. При любой частоте из интервала 19-60 Гц можно достигнуть необходимой степени очистки (85-90% по NTU)

при определенной подводимой мощности за сравнительно короткий промежуток времени (порядка 10 сек.). Зависимость подводимой мощности от частоты при необходимой эффективности очистки представлена на рис. 4.

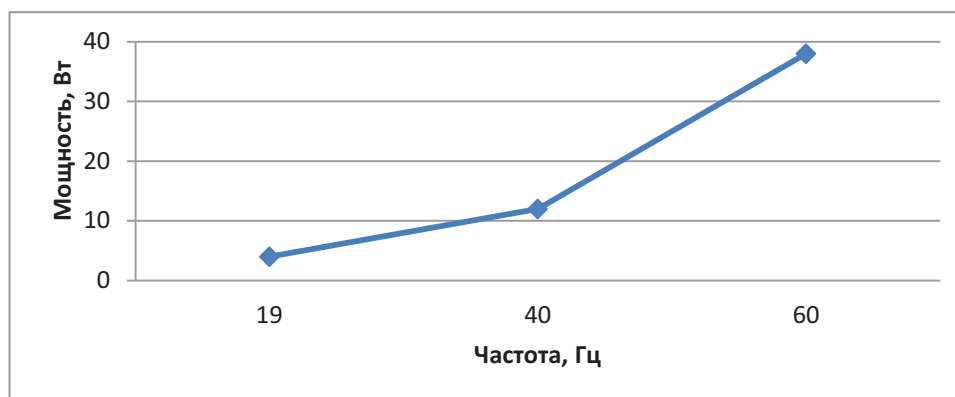


Рис. 4. Зависимость подводимой мощности от частоты

Так же для сравнения результатов проводилось эталонное перемешивание той же модельной жидкости вручную в колбе, при такой же дозе реагента, и дальнейшее отстаивание с измерением мутности. Результаты приведены на рис.5.

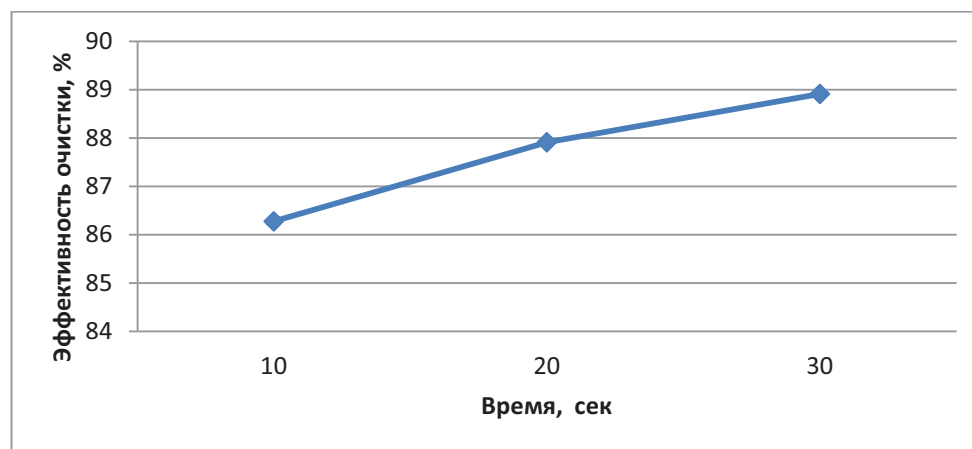


Рис.5 Зависимость эффективности очистки от времени эталонного перемешивания

Анализируя приведенную выше зависимость, можно сделать вывод, что эталонное или ручное перемешивание уступает по времени виброперемешиванию на 10-20 секунд.

Таким образом, в данной работе показана принципиальная возможность использования виброперемешивания для ускорения процессов перемешивания. Так же показано, что виброперемешивание может составить заметную конкуренцию классическим видам перемешивания.

Список литературы

1. Очистка природных вод / Клячко В.А., Апелцин И.Э., Литература по строительству 1971. 574 с.
2. Вибрационные массообменные аппараты / Под. ред. В.М. Олевского., М.: Химия, 1980. 192 с.