

Селезнев Михаил Николаевич

**ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

АВТОРЕФЕРАТ

магистерской диссертации

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный
университет»

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, профессор
Викарчук Анатолий Алексеевич

Тольятти – 2012

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Интенсификация технологических процессов в настоящее время является важной задачей промышленности. Один из самых простых, а, следовательно, и дешевых способов повышения эффективности процессов – механический. Несмотря на тривиальность такой способ интенсификации, как перемешивание широко распространен во многих отраслях производства. В зависимости от режимов перемешивания и количества энергии, вводимой в обрабатываемый материал, можно получить различные, а порой и диаметрально противоположные эффекты. Например, гидродинамическая обработка жидкостей может приводить как к дегазации (удаление газовой фазы), так и к аэрации (насыщение газовой фазой).

Независимо от состава, для всех систем на основе жидкости процесс перемешивания (эмульгирования, диспергирования) тем интенсивнее, чем менее стабилен поток. Иными словами, интенсивность существенно возрастает при переходе от ламинарного стабильного течения к вихревому, турбулентному. Еще больший эффект возникает при появлении кавитации. Кавитация (от лат. *cavitas* – пустота) – образование в капельной жидкости разрывов сплошности с появлением полостей (т.н. кавитационных пузырьков), заполненных газом, паром или их смесью, в результате местного понижения давления и их последующее схлопывание с выделением локализованной энергии. Наряду с негативными эффектами кавитации (разрушение узлов механизмов и трубопроводов) существуют и положительные (диспергирование частиц, эмульгирование жидкостей, интенсификация процессов и реакций, нейтрализация токсинов, уничтожение микроорганизмов и т. д.).

Перемешивающие устройства, работающие в режиме кавитации, позволяют не только интенсивно диспергировать жидкие среды, но и обеззараживать их. Локальная концентрация энергии, возникающая при схлопывании кавитационных каверн способна разрывать межмолекулярные связи, что значительно расширяет возможности применения кавитационных устройств.

Несмотря на огромное количество исследований и изобретений, посвященных кавитационным перемешивающим устройствам и явлению кавитации, процесс этот еще недостаточно изучен.

Классификация устройств носит лишь общий, поверхностный характер, тогда как каждый автор работает над конкретной ограниченной задачей. Поэтому исследование общих закономерностей работы перемешивающих устройств с различными активаторами является актуальной задачей.

В данной работе рассмотрены основы теории процесса кавитации, как наиболее эффективного режима обработки жидких сред, рассмотрены основные виды перемешивающих устройств и способы их контроля и мониторинга. Проведены исследования по сравнению работы активаторов различной формы.

Цель работы.

Оценка эффективности использования современных параметров применяющихся в акустических методах мониторинга и дефектоскопии для контроля режимов работы перемешивающих устройств.

Задачи исследования.

1. Разработка и изготовление лабораторной роторной установки для моделирования перемешивания в стеснённых условиях.
2. Разработка и изготовление активаторов.
3. Разработка методик:
 - обработки жидкости на лабораторной роторной установке;
 - регистрации акустических и параметрических данных;
 - теневого метода контроля для контроля жидких сред;
 - высокоскоростной видеосъемки.
4. Проведение экспериментов согласно разработанным методикам.
5. Обработка и анализ экспериментальных данных.
6. Формулировка выводов и рекомендаций

Научная новизна

- Установлено, что метод шумометрии является наиболее чувствительным к посторонним внешним шумам и резонансам элементов установки вне рабочей камеры и менее всего чувствительным к последовательному изменению оборотов, начиная с некоторого значения.

- Показано, что амплитудные параметры метода АЭ и амплитудно-теневого метода (пиковая амплитуда и RMS) на любых фиксированных оборотах при любом типе активаторов отражают общий шум установившегося режима работы перемешивающего устройства.

Выявлено, что момент изменения условий течения жидкости внутри камеры сопровождается пиком RMS.

- Показано, что характер поведения кривой пиковой амплитуды на участке набора оборотов (1), при фиксированных оборотах ротора (2) и на участке «восстановления амплитуды» после остановки роторного устройства (3) связаны с режимом работы установки через наличие воздуха в обрабатываемой среде.

Практическая ценность

- Показано, что для мониторинга режимов работы перемешивающих устройств наиболее эффективно использование акустико-эмиссионного и амплитудно-теневого методов, как имеющий большее значение отношения сигнал/шум.

- Выявлено, что установление типа и степени участия различных процессов (гидродинамических, кавитационных и т.д.) в общем уровне шума применением только амплитудных параметров метода АЭ невозможно, однако, они эффективны для подтверждения изменения условий течения жидкости внутри камеры и фиксирования продолжительности существования переходных процессов.

- Установлено, что для использования в технологических операциях аэрации и смешивания наиболее эффективно применение 6-и лопастного активатора и открытой турбины. При использовании в технологических операциях нагрева обрабатываемых сред эффективно применение 4-х и 6-и лопастных активаторов. Для инициализации кавитационных процессов в технологических операциях рекомендуется использование активатора в виде диска с крупными отверстиями.

На защиту выносятся результаты исследований по сравнению метода шумометрии и метода акустической эмиссии применительно к гидродинамическим процессам; результаты исследований эффективности работы активаторов перемешивающего устройства, полученные методом нагрева среды, методом акустической эмиссии, амплитудно-теневым методом, методом скоростной видеосъемки.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались и обсуждались на 50-ом Международном симпозиуме «Актуальные проблемы прочности» (Витебск, Беларусь, 2010); на IX Всероссийской научно-технической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологии» (Тула, 2011); на VI Всероссийской молодежной научной конференции "Микромеханизмы пластичности, разрушения и

сопутствующих явлений" (Тольятти, 2011); на IX Всероссийской школе-конференции молодых ученых «КоМУ-2011» (Ижевск, 2011)

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 5 работ: 1 статья, 4 тезиса докладов. Также подана 1 заявка на патент, прошедшая формальную экспертизу.

Объем и структура работы.

Магистерская диссертация изложена на 96 страницах, включающих 7 таблиц, 33 рисунка, список литературы из 43 наименований, и состоит из введения, трех глав, выводов и приложений.

Благодарность.

Автор выражает свою глубокую и искреннюю благодарность за консультации и техническую помощь при выполнении магистерской диссертации научным руководителем: кандидату физ.-мат. наук, доценту И.А. Растегаеву, начальнику лаборатории А.В. Данюку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы. формулируется ее цель, а также научная новизна и практическая значимость.

В первой главе – «Состояние вопроса» - магистерской диссертации приведен литературный обзор, первый раздел которого посвящен изучению процесса кавитации, как наиболее интенсивного способа воздействия на жидкую среду. Во втором разделе рассмотрены гидродинамические кавитационные устройства, показаны их преимущества перед другими способами возбуждения кавитации. Проведенный патентный поиск и анализ устройств выявляет преимущества и недостатки различных струйных и роторных аппаратов, показывает, что для операций диспергирования и эмульгирования эффективнее использовать роторные аппараты. Третий раздел посвящен методам контроля и мониторинга гидродинамических кавитационных устройств. Показано, что одними из наиболее перспективных методов являются акустические. В четвертом разделе описаны все основные акустические методы, из которых выбраны наиболее подходящие для мониторинга роторных перемешивающих устройств. Завершающий первую главу пятый раздел окончательно формулирует цель и задачи.

Во второй главе – «Оборудование и методика экспериментов» - описано используемое оборудование и разработанные методики исследований, проведенных в ходе работы (метод шумометрии, АЭ, амплитудно-теневой метод, скоростная видеосъемка).

В третьей главе – «Результаты экспериментов. Анализ и обсуждение» - показаны графики временных зависимостей параметров, по которым оценивалась работа перемешивающих устройств. Первый раздел посвящен сравнению метода шумометрии и АЭ применительно к гидродинамическим процессам. Показано, что метод шумометрии является наиболее чувствительным к посторонним внешним шумам и резонансам элементов установки вне рабочей камеры и менее всего чувствительным к последовательному изменению оборотов начиная с некоторого значения (рисунок 1).

Во втором разделе приведена оценка эффективности работы активаторов перемешивающего устройства по результатам нагрева среды. Показано, что наибольшим удельным тепловыделением обладают 4-х лопастной и 6-и лопастной активаторы (рисунок 2)

В третьем разделе приведена оценка эффективности работы активаторов перемешивающего устройства методом акустической эмиссии. Выявлено, что появление максимума сигнала RMS связано либо с максимумом частоты вращения, либо с изменением условий течения жидкости внутри камеры и переходными процессами (рисунок 3)

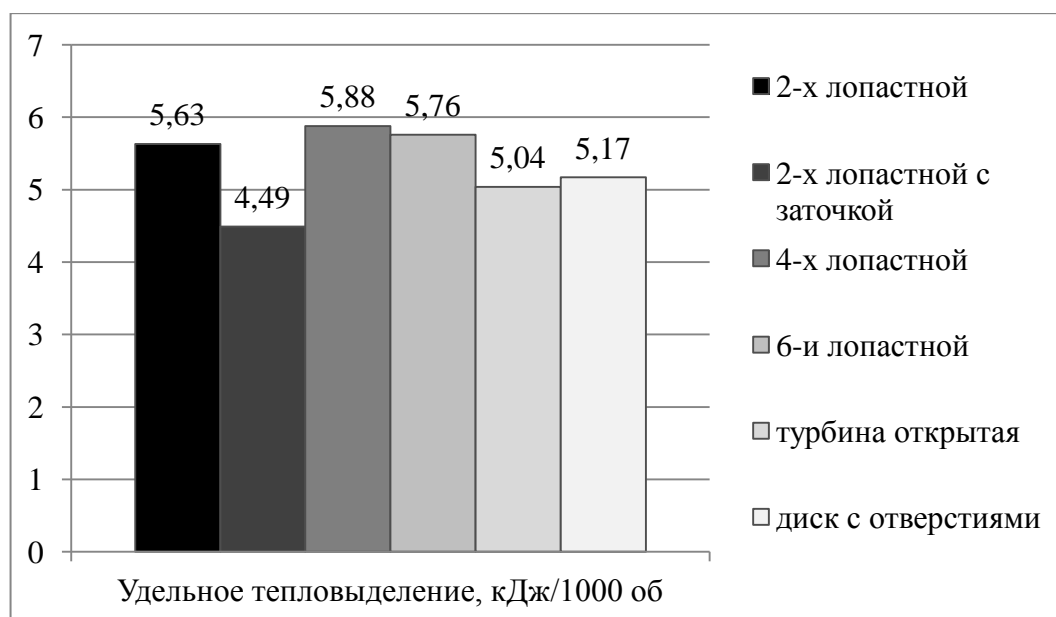


Рисунок 2 – Диаграмма сравнения удельного тепловыделения активаторов

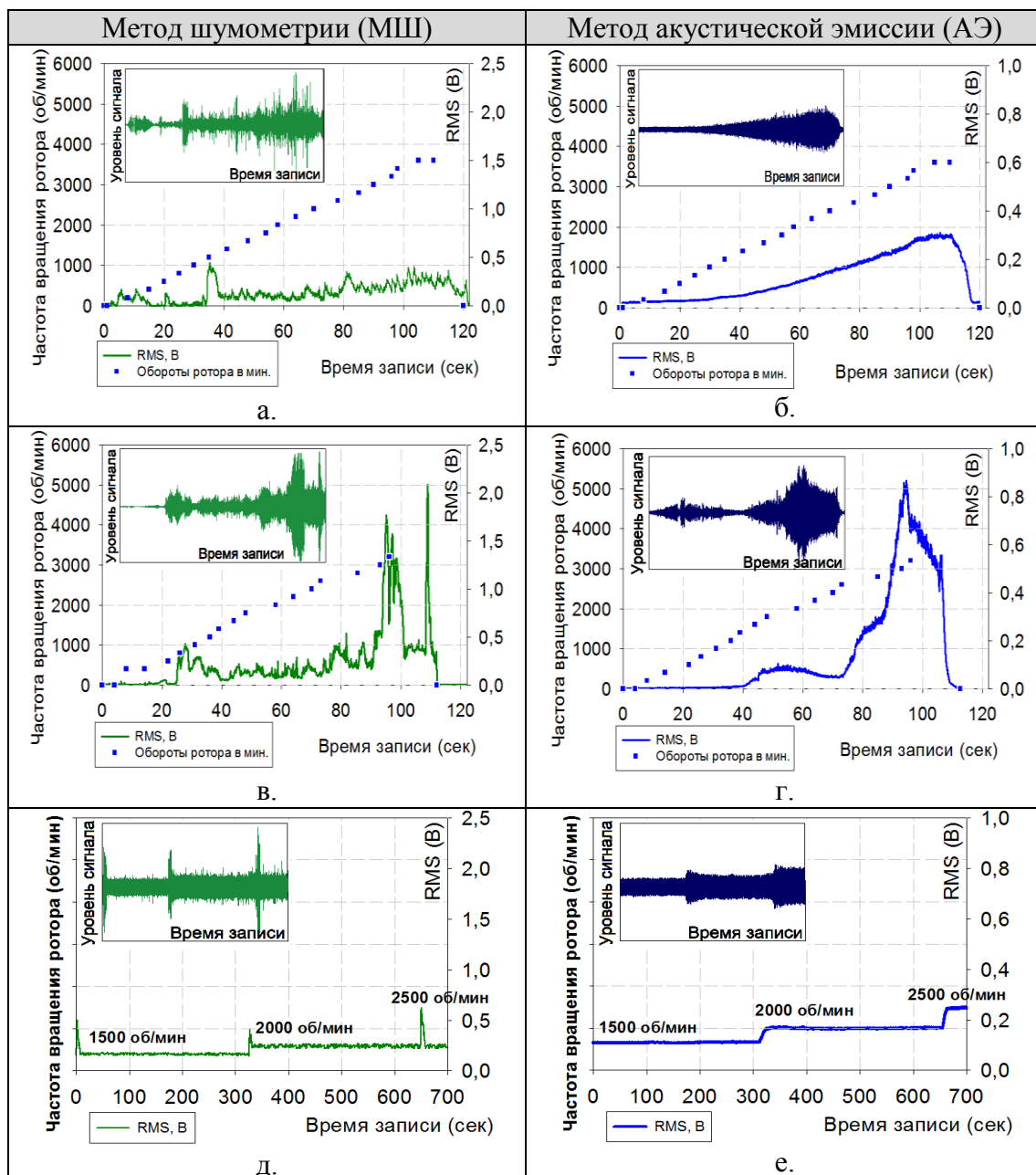


Рисунок 1 – Сопоставление результатов регистрации акустических сигналов в звуковом и ультразвуковом диапазонах: а. и б. – при непрерывном наборе оборотов ротора, при пустой рабочей камере, в., г. - при непрерывном наборе оборотов ротора, при заполненной жидкостью рабочей камере, д., е. – при фиксированных оборотах ротора, при заполненной жидкостью рабочей камере. На вставках в левом верхнем углу показано изменение уровня акустических сигналов за время испытания.

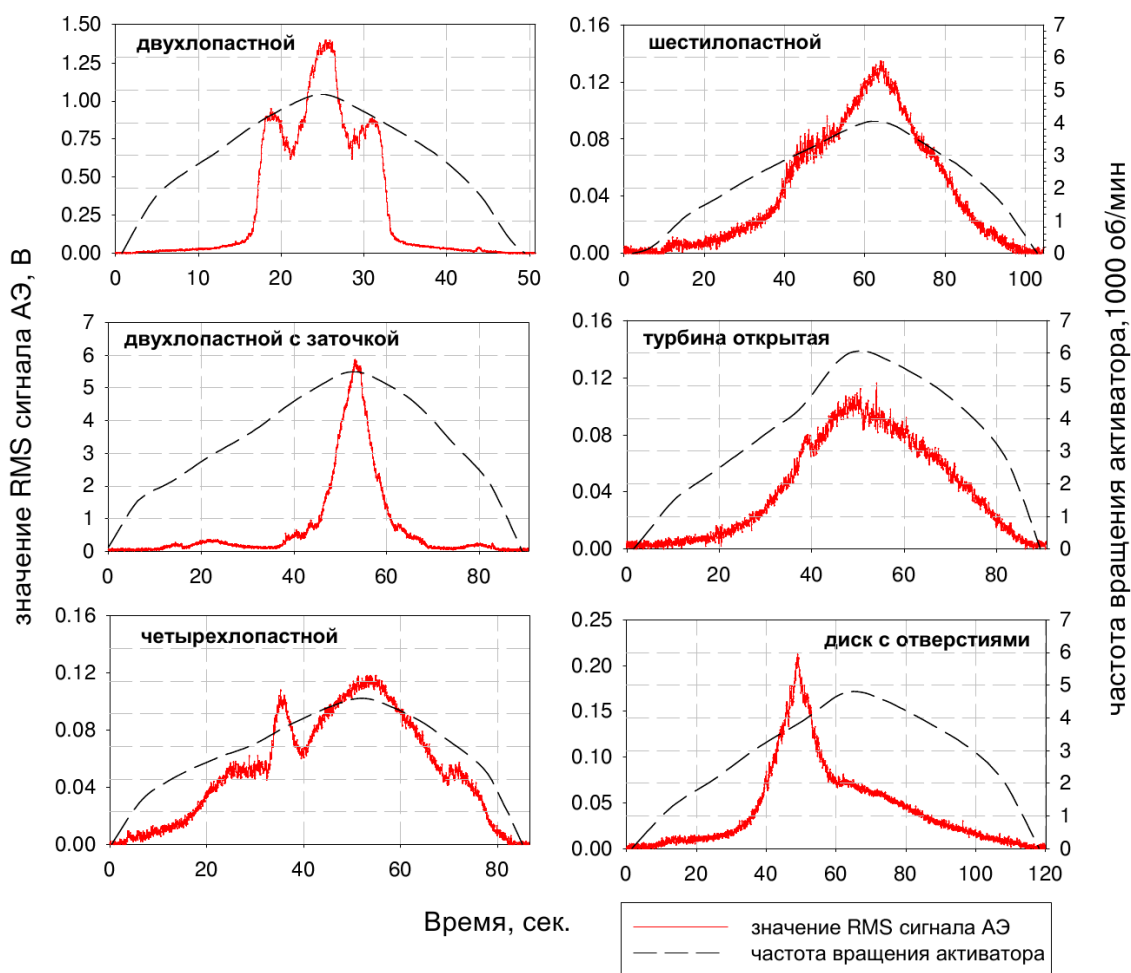


Рисунок 3 – Временные зависимости частоты вращения и значения RMS сигнала АЭ, зарегистрированные во время обработки воды при плавном разгоне и торможении активатора.

В четвертом разделе произведена оценка эффективности работы активаторов перемешивающего устройства амплитудно-теневым методом. Показано, что длительность восстановления амплитудного пика напрямую зависит от степени насыщения жидкости воздухом, т.е. степенью аэрации (рисунок 4). Максимальная аэрация была получена обработкой воды 6-и лопастным активатором.

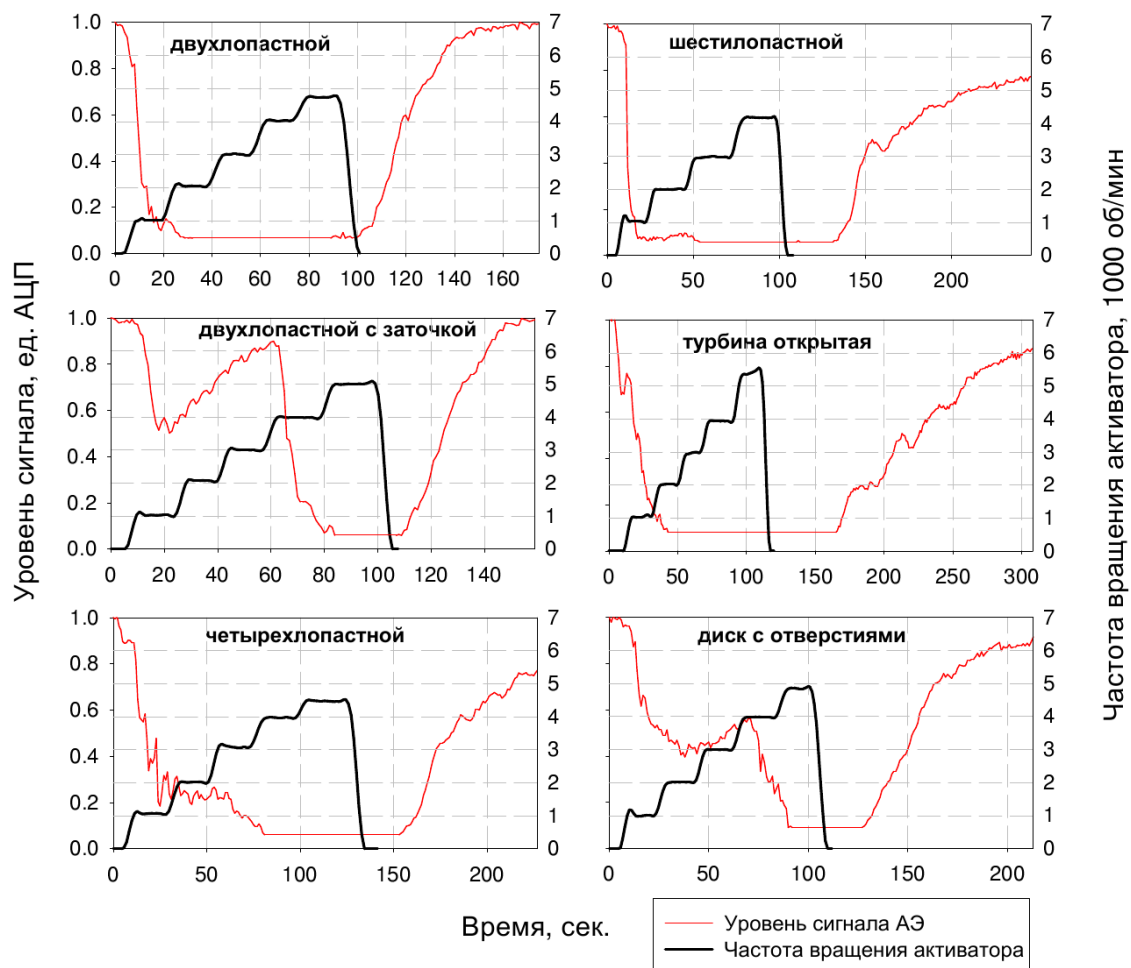
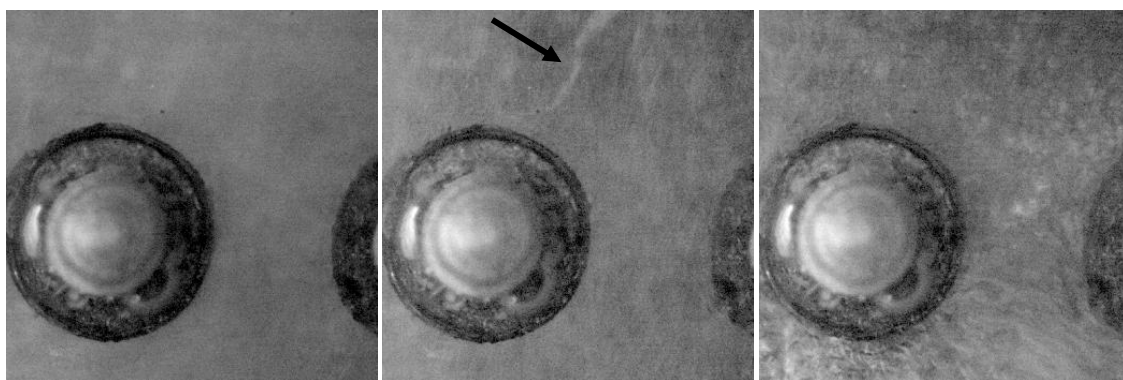


Рисунок 4 – Временные зависимости уровня сигнала, прошедшего через ячейку с обрабатываемой жидкостью, зарегистрированные во время обработки воды при ступенчатом увеличении частоты вращения активатора.

Пятая глава содержит результаты скоростной видеосъемки во время работы активаторов. Выявлено, что максимальное возмущение потока, характеризуемое появлением вихревых шнуров, возникает при работе 2-х лопастных активаторов и диска с отверстиями (рисунок 5)

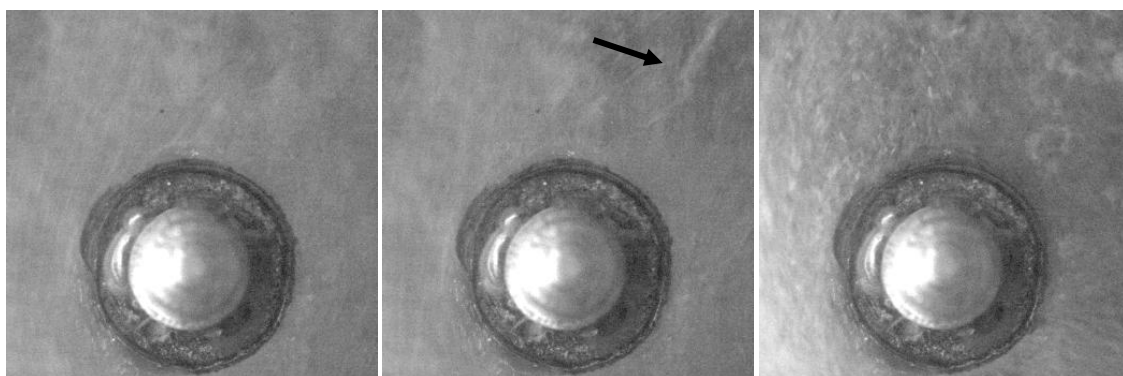


175

190

236

a

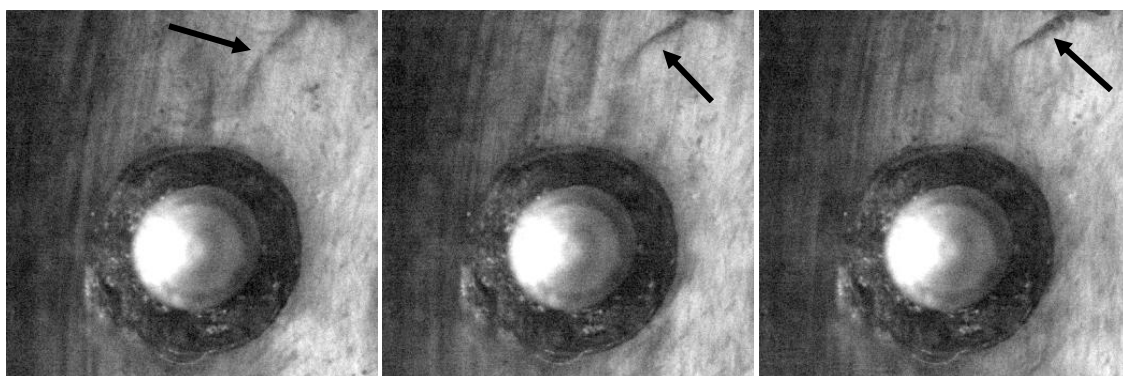


2428

2432

2449

б



606

607

608

в

Рисунок 5 – Видеокадры работы активаторов, где а - 2-х лопастная мешалка (4700 об/мин), б - 2-х лопастной мешалки с заточкой (5500 об/мин), в – диск с отверстиями (4900 об/мин). Скорость съемки 6000 кадров в секунду. Черными стрелками отмечены вихревые шнуры

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Сравнением метода шумометрии, метода акустической эмиссии и амплитудно-теневого метода показано, что метод шумометрии является наиболее чувствительным к посторонним внешним шумам и резонансам элементов установки вне рабочей камеры и менее всего чувствительным к последовательному изменению оборотов начиная с некоторого значения. В связи с этим для мониторинга режимов работы перемешивающих устройств наиболее эффективно использование акустико-эмиссионного и амплитудно-теневого методов, как имеющих большее значение отношения сигнал/шум.

2. В работе показано, что амплитудные параметры метода АЭ и амплитудно-теневого метода (пиковая амплитуда и RMS) на любых фиксированных оборотах при любом типе активаторов отражают общий шум установившегося режима работы перемешивающего устройства. Момент изменения условий течения жидкости внутри камеры сопровождается пиком RMS. Поэтому установление типа и степени участия различных процессов (гидродинамических, кавитационных и т.д.) в общем уровне шума применением только амплитудных параметров метода АЭ невозможно. Однако, они эффективны для подтверждения изменения условий течения жидкости внутри камеры и фиксирования продолжительности существования переходных процессов.

3. Показано, что характер поведения кривой пиковой амплитуды на участке набора оборотов (1), при фиксированных оборотах ротора (2) и на участке «восстановления амплитуды» после остановки роторного устройства (3) связаны с режимом работы установки через наличие воздуха в обрабатываемой среде. При этом замечено, что на 1 участке угол падения кривой амплитуды пропорционален сопротивлению движения активатора. На 3 участке время выхода сигналов на уровень задающего импульса пропорционально количеству растворённого воздуха в жидкости. На 2 участке кривая амплитуды регистрируемых сигналов и предположительно отслеживает появление эффекта кавитации. Однако 2 участок требует дополнительных исследований с понижением частоты задающего воздействия.

4. Для использования в технологических операциях аэрации и смешивания наиболее эффективно применение 6-и лопастного

активатора и открытой турбины. При использовании в технологических операциях нагрева обрабатываемых сред эффективно применение 4-х и 6-и лопастных активаторов. Для инициализации кавитационных процессов в технологических операциях рекомендуется использование активатора в виде диска с крупными отверстиями.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Викарчук А.А. Применение акустических методов контроля для оптимизации технологических режимов кавитационной обработки гетерофазных жидкостей / А.А. Викарчук, И.И. Растегаева, И.А. Растегаев, М.Н. Селезнев // сборник материалов 50-го Международного симпозиума «Актуальные проблемы прочности» - Витебск, Беларусь, 2010. С. 88-89.

2. Растегаева И.И. Методика кавитационного обеззараживания смазочно-охлаждающих жидкостей / И.И. Растегаева, В.В. Диженин, И.А. Растегаев, М.Н. Селезнев, А.А. Викарчук // сборник докладов IX Всероссийской научно-технической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологии» - Тула: ТГУ, 2011. С. 61-66.

3. Селезнев М.Н. Применение акустических методов для исследования кавитации / М.Н. Селезнев, И.А. Растегаев, А.А. Викарчук. // Сборник конкурсных докладов VI Всероссийской молодежной научной конференции "Микромеханизмы пластичности, разрушения и сопутствующих явлений" - Тольятти: ТГУ, 2011. С. 160–164.

4. Селезнев М.Н. Методика обработки акустических сигналов при анализе непрерывных шумоподобных процессов / М.Н. Селезнев, И.А. Растегаев, Д.Л. Мерсон // Сборник тезисов докладов IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых «КоМУ-2011» - Ижевск: ФТИ УрО РАН, 2011. С. 92-95.

5. Растегаева И.И. Оптимизация режимов обработки жидких сред в роторных устройствах на основе метода акустической эмиссии с системой обратной связи / И.И. Растегаева, И.А. Растегаев, А.А. Викарчук и др. // Приборы и системы. Управление, контроль диагностика – М.: Научтехлитиздат, 2012. №5. С. 25-31.

6. Заявка на изобретение – 2012100849/05(001191) РФ. Устройство обеззараживания прозрачной жидкости. Викарчук А.А., Селезнев М.Н., Червоненко Г.Н. Заяв. 11.01.2012.