

Создание оборудования для мелкодисперсного распыления вязких жидкостей

[В.Н. Хмелёв](#), [Д.В. Генне](#), [А.В. Шалунов](#), А.В. Шалунова, [С.С. Хмелёв](#), БТИ
АлтГТУ

Дроков В.Г., Скудаев Ю.Д. НИИ прикладной физики Иркутского
государственного университета.

Аннотация – В статье рассмотрена новая технология распыление вязких жидкостей с колеблющейся поверхности с последующим дополнительным распылением в выводящей поток аэрозоля распылительной игле. В результате исследований подтверждена высокая эффективность реализации вторичного распыления и выявлены зависимости эффективности распыления от частоты, амплитуды колебаний и формы окончания распылительной иглы. Полученные результаты распыления вязких жидкостей свидетельствуют об уменьшении размеров первично распыленного аэрозоля в 3...4 раза).

Ключевые слова – распыление, распылительная камера, вязкая жидкость, вторичное распыление.

I. ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковое распыление жидкостей позволяет решать сложные проблемы, связанные с необходимостью формирования аэрозолей заданного размера, распределения, производительности и поэтому находит широкое применение во многих областях промышленности и медицины. В настоящее время ультразвуковое распыление применяется для нанесения покрытий (флюсов, фоторезистов, красок, защитных покрытий и т.п.), распыления молока, кофе, экстрактов в процессе сушки, жидких металлов при их гранулировании, лекарственных препаратов при проведении ингаляционных и терапевтических процедур.

II Постановка задачи

Ультразвуковое распыление жидкостей на практике реализуется двумя различными способами: распылением в фонтане, формируемом на поверхности жидкости за счет фокусировки высокочастотных УЗ колебаний и распылением жидкости с колеблющейся на низкой ультразвуковой частоте поверхности излучателя [1, 2].

Распыление в фонтане, основанное на использовании высокочастотных (1...3 мГц) ультразвуковых колебаний позволяет получать мелкие частицы аэрозоля (5...10 мкм), с низкой производительностью (менее 1...2 мл/мин). Необходимость фокусировки высокочастотных колебаний в слое распыляемой жидкости на значительных расстояниях от излучателя (не менее 50 мм при диаметре излучателя 50 мм) исключает возможность распыления вязких жидкостей (более 3...10 сПз) из-за высокого затухания колебаний и невозможности формирования кавитационного процесса в них.

Ультразвуковое низкочастотное (20...100 кГц) распыление с колеблющейся поверхности позволяет получать аэрозоли вязких жидкостей (до 30 сПз) и обеспечивает более высокую производительность (до 5 мл/с с 10см² поверхности). Основным недостатком такого способа распыления является получение крупных частиц аэрозоля и

зависимость их размера от частоты УЗ колебаний (средний размер частиц от 80 мкм на частоте 20 кГц до 30 мкм на частоте 100 кГц).

Существующие принципиальные ограничения двух способов распыления обуславливают существенные ограничения по применимости технологий ультразвукового распыления. Попытки одновременной реализации двух способов распыления с помощью двухчастотных преобразователей [3] позволяют создавать распределения частиц по размерам, имеющие два ярко выраженных максимума, соответствующих двум способам распыления. При таком распылении недостатки каждого из способов распыления не устраняются.

В связи с этим, задача уменьшения размеров формируемых частиц вязких жидкостей, при распылении с колеблющейся поверхности, до размеров соответствующих распылению в фонтане, с сохранением высокой производительности процесса является очень актуальной и обуславливает необходимость поиска новых вариантов распыления и создания высокопроизводительного оборудования для мелкодисперсного распыления вязких жидкостей.

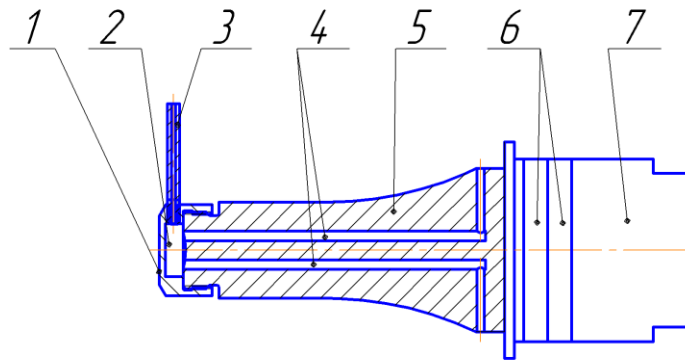
Одновременно с решением основной задачи, возникает необходимость в создании специализированного оборудования, способном обеспечить равномерный факел распыления мелкодисперсного аэрозоля но и сформировать его форму и направление для решения различных практических задач, таких как нанесения равномерных покрытий, распыление топлив, а также распыление масел и других жидкостей для определения характеристик микро примесей металлов в них.

III Практическая реализация

Очевидно, что возможным решением проблемы может стать вторичное дополнительное распыление уже распыленной с колеблющейся поверхности жидкости (первичное распыление) [4]. При этом необходимо обеспечить условия, при которых, сформированный после первичного распыления аэрозоль, не успевая коагулировать, попадал бы в поле вторичного ультразвукового воздействия для дополнительного дробления частиц первичного аэрозоля.

Для решения поставленной задачи формирования узконаправленного равномерного потока мелкодисперсного аэрозоля, был применен способ «двойного» распыления, заключающийся в том, что распыляемая жидкость подается в распылительную камеру на которую накладываются колебания ультразвуковой частоты, распыляется с колеблющейся поверхности дна и стенок камеры. Сформированный в результате первичного распыления аэрозоль выносится из камеры воздушным потоком через внутренний канал распылительной иглы, которая механически соединена со стенкой колеблющейся камеры и совершает сложные продольно - изгибные колебания с максимальной амплитудой на свободном конце иглы. На внутренних стенках распылительной иглы и на ее свободном конце (торцевом срезе) происходит вторичное распыление частиц жидкости. Вторичное распыление капель аэрозоля должно приводить к дополнительному уменьшению среднего размера получаемого аэрозоля. Кроме того применение тонких распылительных трубок позволяет сформировать узконаправленный поток аэрозоля. Дальнейшие исследования были направлены на разработку экспериментальных образцов и исследования процесса двойного распыления вязких жидкостей.

На рисунке 1 представлена ультразвуковая пьезоэлектрическая колебательная система, предназначенная для реализации предложенного способа распыления.



1 – распылительная камера; 2 – внутренний объем распылительной камеры; 3 – распылительная игла; 4 – каналы для подачи распыляемой жидкости и транспортирующего газа; 5 – концентратор; 6 – пьезоэлементы; 7 – отражающая накладка.
Рисунок 1 – Разрез ультразвуковой колебательной системы для распыления и формирования узконаправленного потока аэрозоля

Отличительной особенностью разработанной колебательной системы является выполнение двух каналов - один из которых предназначен для подачи распыляемой жидкости, а другой для подачи транспортного газа. Введение распыляемой жидкости и транспортирующего газа осуществляется в минимуме ультразвуковых колебаний системы и поэтому не влияет на работоспособность и параметры системы. Выход каналов на колеблющейся поверхности, во внутреннем объеме распылительной камеры обеспечивает первичное распыление. Небольшой объем распылительной камеры позволяет исключить коагуляцию первичного аэрозоля и обеспечивает подачу его в распылительную иглу, закрепленную в стенке распылительной камеры.

Воздушный поток обеспечивает подачу первичного аэрозоля, образовавшегося в распылительной камере, на внутренние стенки и торцевой срез распылительной иглы для выноса аэрозоля

IV Экспериментальная часть

Для проведения экспериментальных исследований процесса распыления был создан специальный исследовательский стенд, схематически изображенный на рисунке 2 и включающий ультразвуковую колебательную систему (УЗКС), электронный генератор ультразвуковой частоты для питания УЗКС, систему подачи и регулирования расхода распылительной жидкости, компрессор с регулятором давления, обеспечивающий стабильный поток воздуха для выноса аэрозоля из внутренней распылительной камеры к рабочему окончанию распылительной иглы.

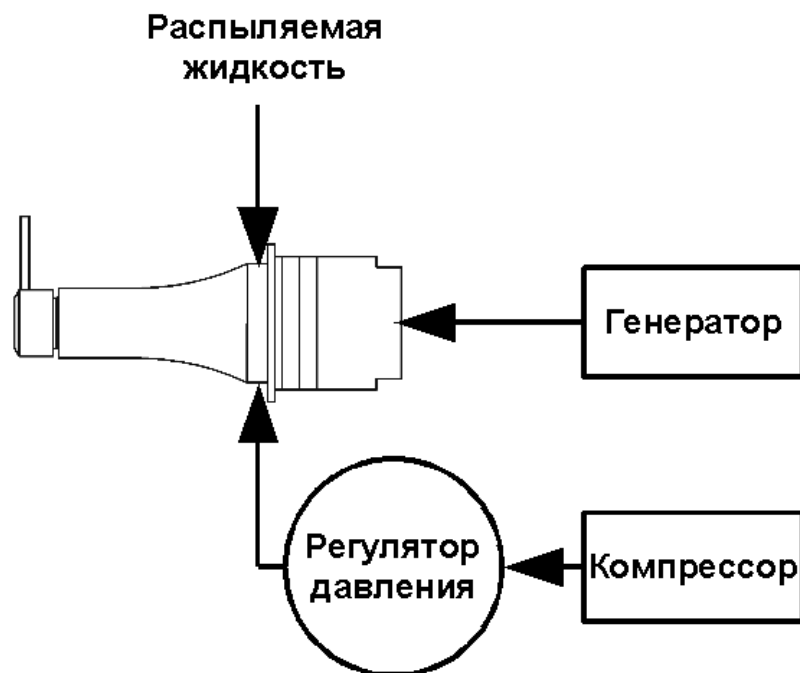


Рисунок 2 – Схема стэнда для исследования процесса распыления

Скорость потока транспортирующего газа (воздуха) регулировалась для обеспечения условий исключения коагуляции частиц первичного аэрозоля в распылительной камере и обеспечения его выноса к окончанию иглы.

В качестве распыляемых жидкостей использовались сиропы с вязкостью от 15 до 80 сПз, растительные, машинные и авиационные масла с различной вязкостью.

IV. Результаты исследований

Для определения предельных возможностей предложенного способа распыления при исследовании параметров аэрозоля устанавливался минимальный расход транспортирующего газа. Минимальный расход распыляемой жидкости (масла) не превышал 0,15-0,2 мл/мин. Амплитуда колебаний торцевой поверхности колебательной системы изменялась от 5 до 20 мкм. Для исследования влияния частоты ультразвуковых колебаний на процесс двойного распыления при проведении исследований использовались две ультразвуковые колебательные системы с частотами 22 кГц и 60 кГц. Для исследования влияния формы окончания распылительной иглы при проведении исследований использовались распылительные трубки с рабочими окончаниями в виде внутреннего конуса (воронки), и в виде среза под углом 45°.

Контроль параметров распыления осуществлялся путем измерения размера капель масла, распыленного на предметное стекло микроскопа на расстоянии 20ти мм от торца трубки. На рисунке 3 представлена типичная фотография следов распыления на предметном стекле.

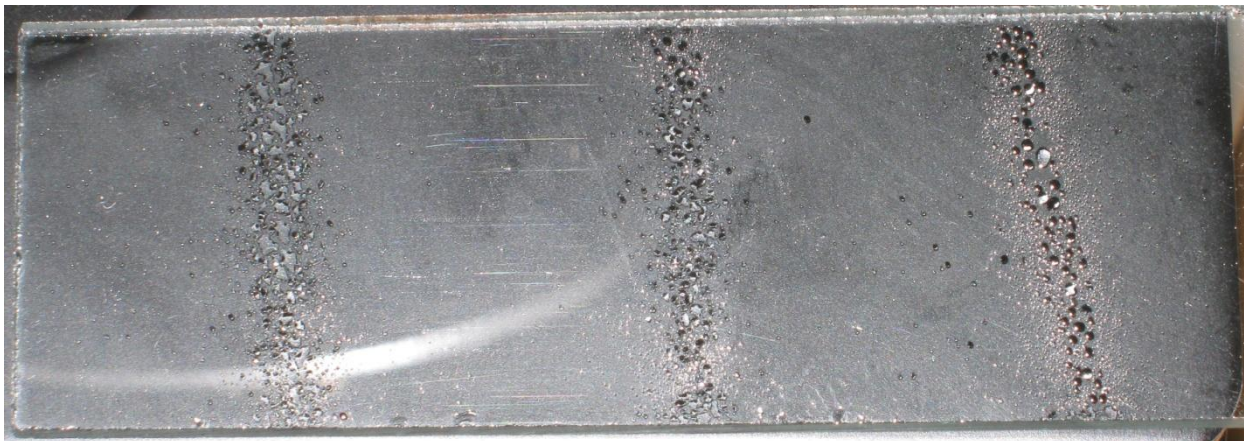


Рисунок 3 – Фотография следов распыляемого масла на стекле

Измерение размера капель производилось с помощью микроскопа МИКМЕД-6 и объект-микрометра с увеличением 100х. Измерение размера частиц производилось в трех местах на каждом следе. Измерялись только капли правильной круглой формы. Для построения распределения производилось измерение 200-1000 капель. Толщина пленки и перерасчет растекшихся по стеклу капель в капли правильной сферической формы не производился.

Полученные распределения размеров растекшихся капель, полученных при использовании распылительных трубок с рабочим окончанием в виде среза представлены на рисунках 4 и 5.

На рисунках 6 и 7 представлены распределения размеров растекшихся капель, полученных при использовании распылительных трубок с рабочим окончанием в виде внутреннего конуса.

На рисунке 4 показано распределение размеров частиц аэрозоля, сформированного при использовании колебательной системы с рабочей частотой 60 кГц. Распределение имеет два ярко выраженных максимума в районе 20 и 60 мкм. Второй максимум (60мкм) обусловлен наличием большого количества частиц первичного распыления или распылением капли, образующейся на торцевой поверхности распылительной иглы. Практически полное отсутствие частиц, превышающих по размерам 100 мкм свидетельствует об эффективности вторичного дополнительного распыления.

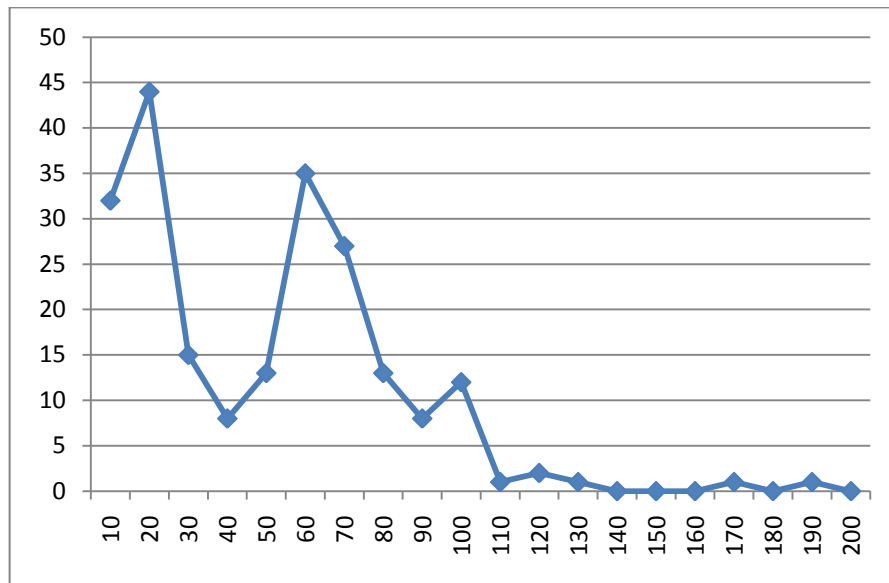


Рисунок 4 - Распределение частиц при использовании колебательной системы с частотой 60 кГц и распылительной иглы с рабочим окончанием в виде среза

На рисунке 5 представлено распределения размеров частиц аэрозоля, полученного при использовании колебательной системы с рабочей частотой 22 кГц. Распределение имеет ярко выраженный максимум в районе 20мкм. Практически полное отсутствие второго максимума (90 мкм) свидетельствует о более высокой эффективности вторичного распыления с увеличением амплитуды колебаний распылительной иглы на более низкой частоте.

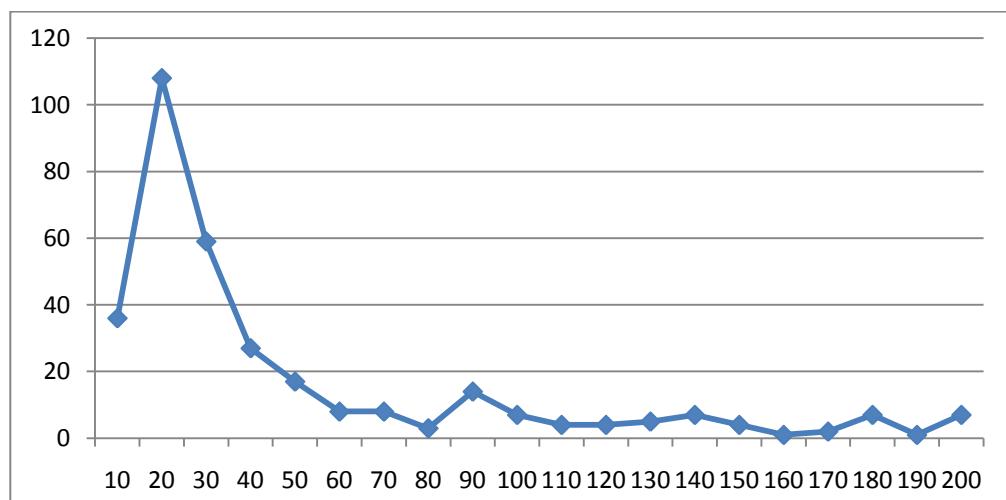


Рисунок 5 – Распределение частиц при использовании колебательной системы с частотой 22 кГц и распылительной иглы с рабочим окончанием в виде среза

На рисунке 6 представлен график распределения размеров частиц аэрозоля при использовании колебательной системы на рабочую частоту 22кГц и распылительной титановой иглы с рабочим окончанием конической (воронкообразной формы). Как видно из графика максимум распределения приходится на частицы размером 20-30мкм.

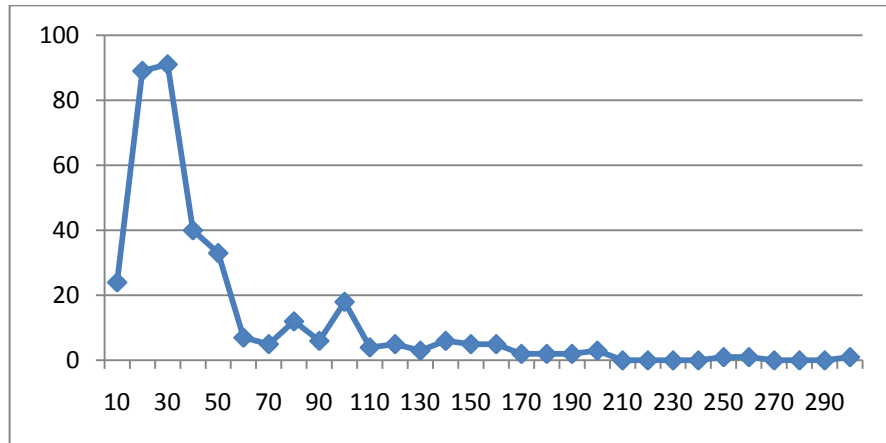


Рисунок 6 – Распределение частиц при использовании колебательной системы с частотой 22 кГц и распылительной иглы с рабочим окончанием в виде внутреннего конуса

На рисунке 7 представлен график распределения размеров частиц аэрозоля при использовании колебательной системы на рабочую частоту 60кГц и распылительной титановой иглы с рабочим окончанием конической (воронкообразной формы).

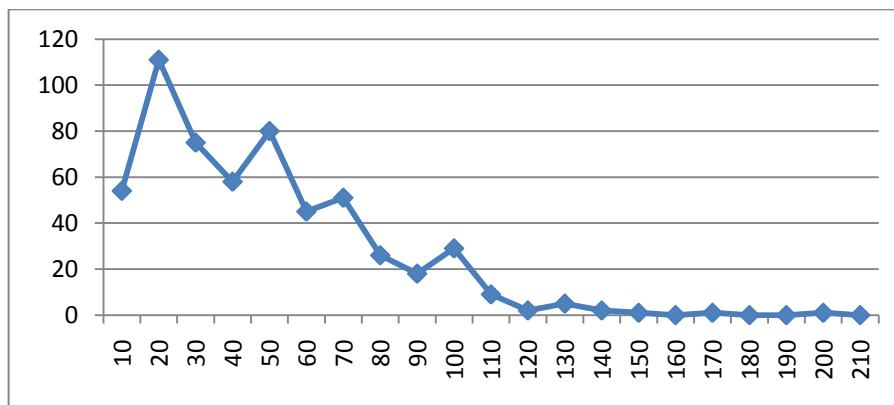


Рисунок 7 – Распределение частиц при использовании колебательной системы с частотой 60 кГц и распылительной иглы с рабочим окончанием в виде внутреннего конуса

Из графика видно что распределение не имеет такого ярко выраженного максимума как на рисунке 6, что также свидетельствует о недостаточности амплитуды колебаний распылительной иглы для эффективного вторичного распыления аэрозоля, сформированного в распылительной камере.

VI. Выводы и заключения

Предложена конструктивная схема и техническое решение, позволяющие реализовать распыление вязких жидкостей в распылительной камере с колеблющейся поверхности с последующим дополнительным распылением в выводящей поток аэрозоля распылительной игле, жестко соединенной и колеблющейся вместе с распылительной камерой.

В результате экспериментальных исследований на разработанном стенде подтверждена высокая эффективность реализации вторичного распыления, сформированного в распылительной камере аэрозоля и выявлены зависимости

эффективности распыления от частоты, амплитуды колебаний и формы окончания распылительной иглы.

Полученные результаты позволяют создать специализированное ультразвуковое оборудование, способное, за счет двойного распыления обеспечить формирование частиц аэрозоля вязких жидкостей меньшего размера (не менее чем в 3..4 раза), чем при однократном распылении с поверхности при той же рабочей частоте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмелев В.Н., Леонов Г.В., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. [Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве](#). Алт ГТУ Бийск 2007 414с.
2. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Шалунова А.В., [Ультразвуковое распыление жидкостей](#). Алт ГТУ Бийск 2010, 192с.
3. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Зиссер М.Я. [Ультразвуковой аэрозольный аппарат](#). Патент № 2388500
4. Алхимов А.Б., Дроков В.Г., Морозов В.Н., Скудаев Ю.Д. Ультразвуковой распылитель Патент № 2119390.