

Центр ультразвуковых технологий

**УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ
ПРИБОРЫ
ПРОМЫШЛЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

www.u-sonic.ru

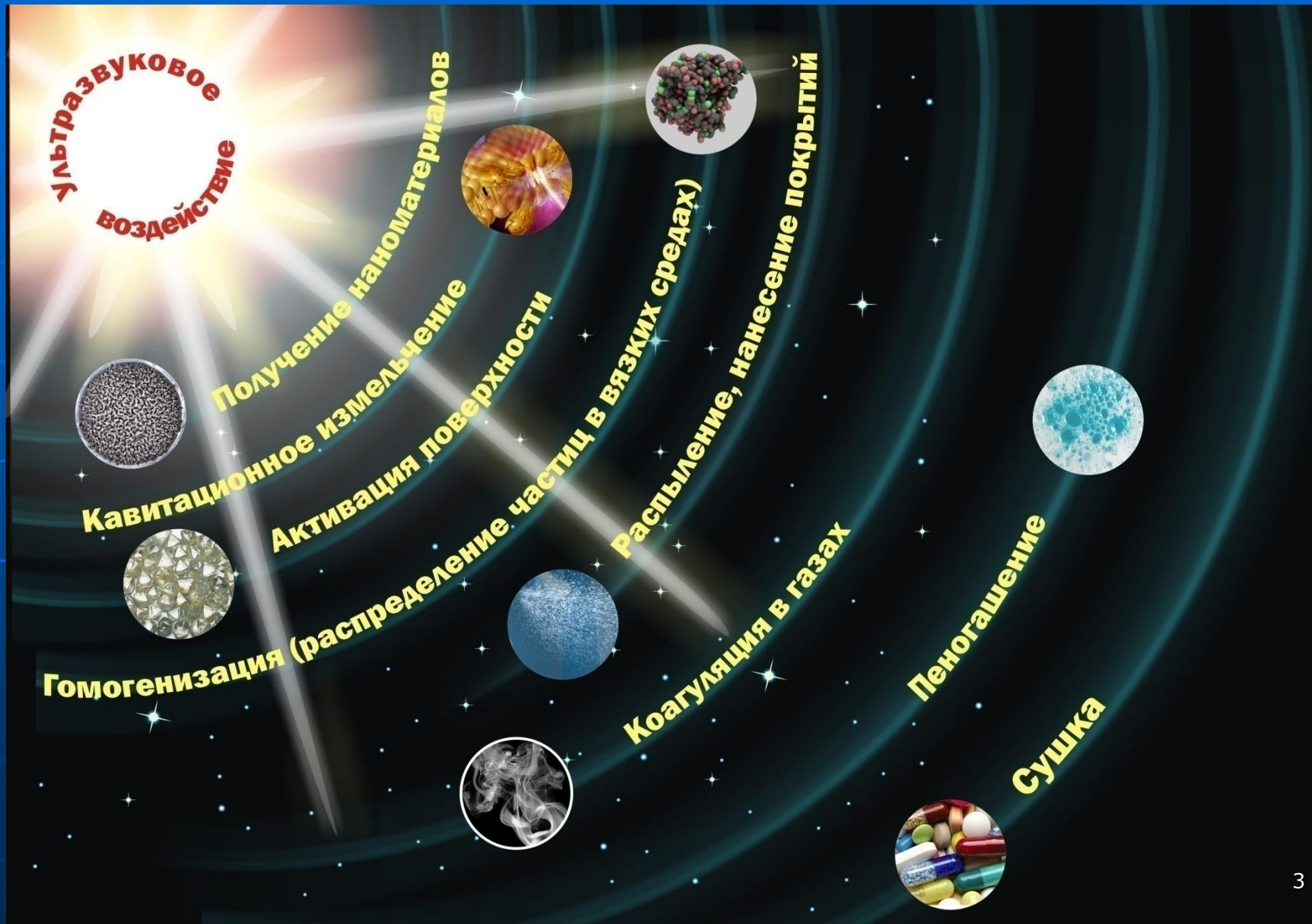
Хмелёв Владимир Николаевич



Доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ, Senior Member IEEE. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, автор более 900 научных публикаций (в т.ч. более 100 патентов, более 20 монографий и учебников) Зам. директора по научной работе Бийского технологического института ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова".

***+7 9039925120
vnh@u-sonic.ru***

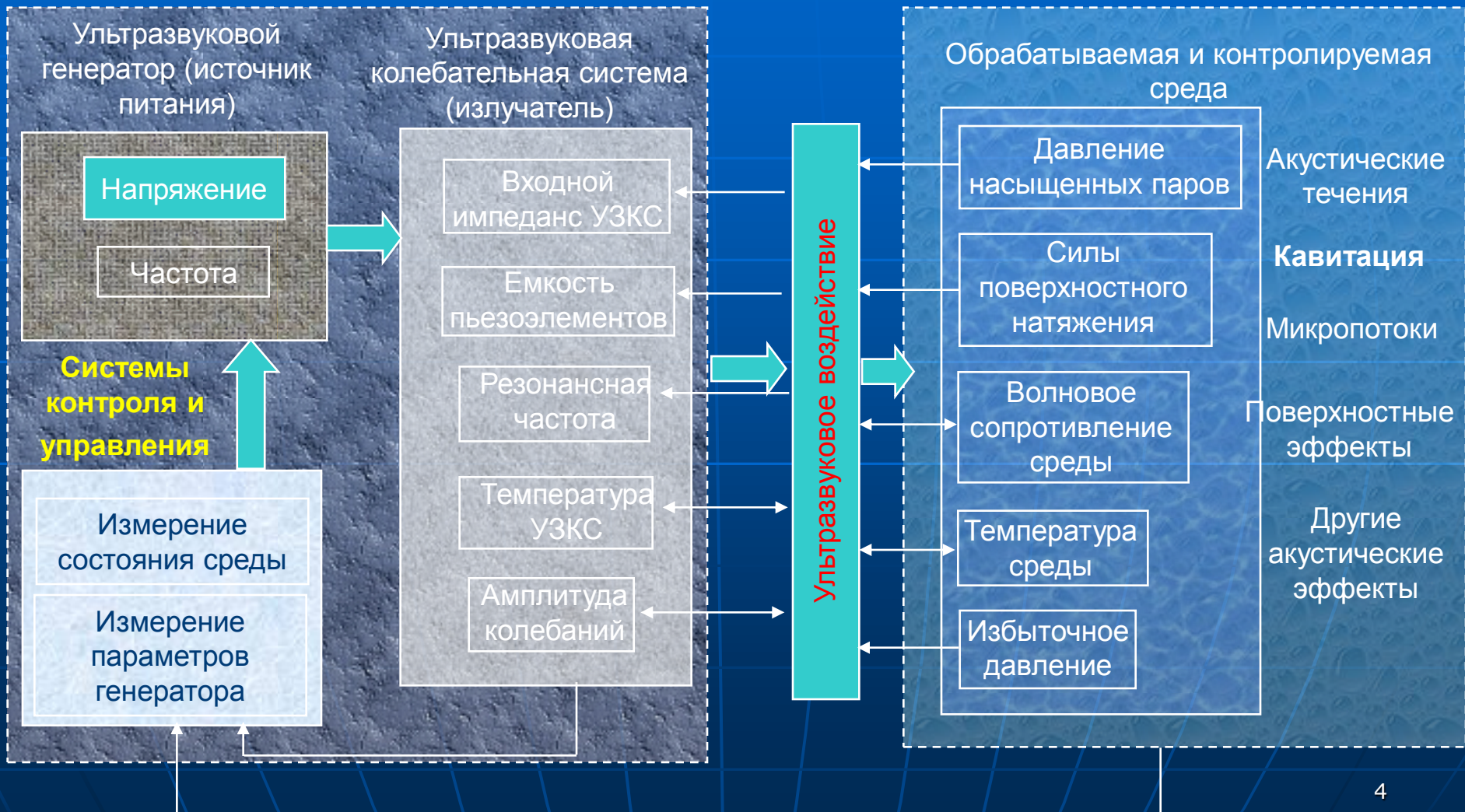
Сферы применения ультразвуковых аппаратов



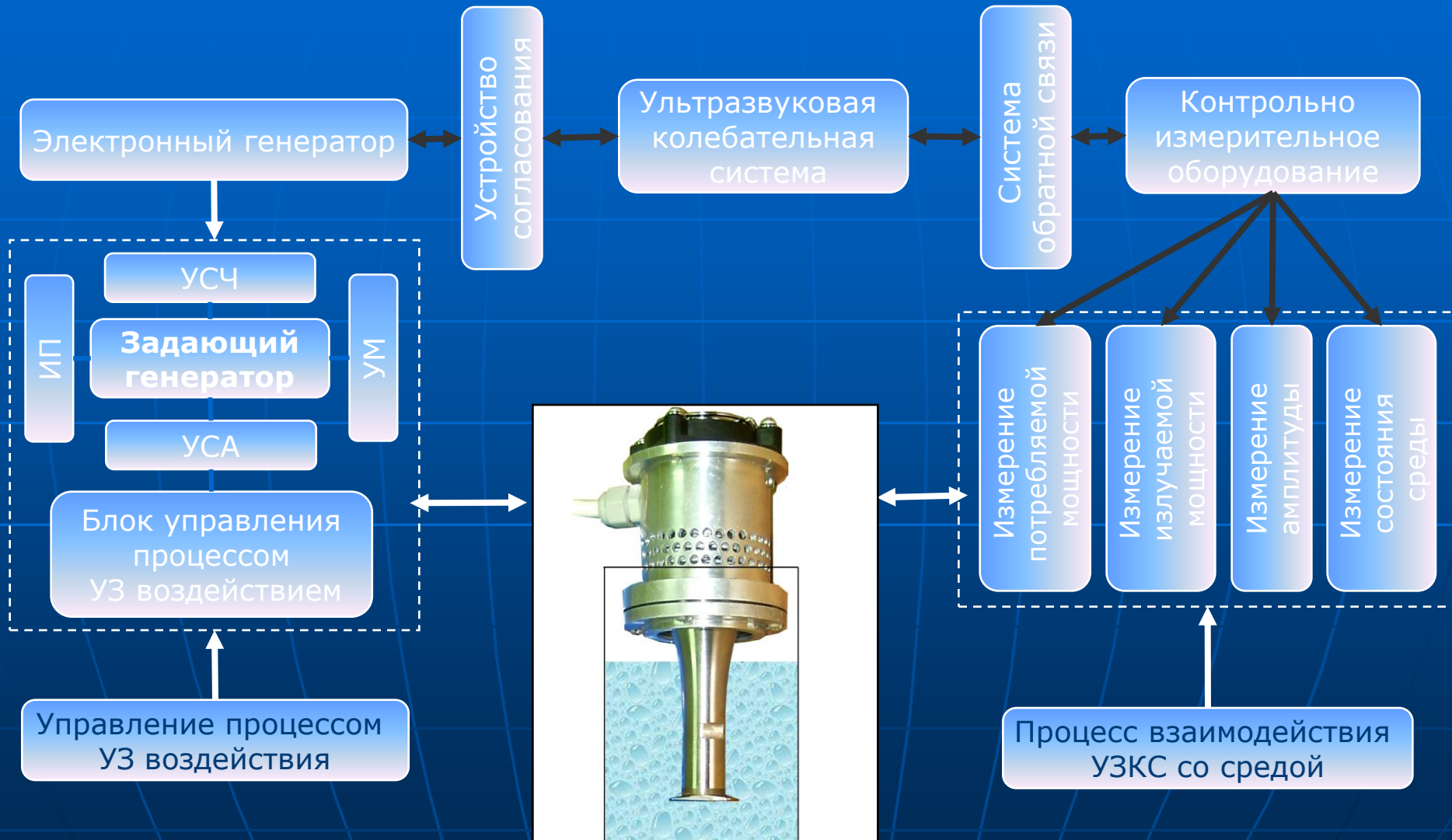
Реализация ультразвукового воздействия

Ультразвуковой технологический аппарат

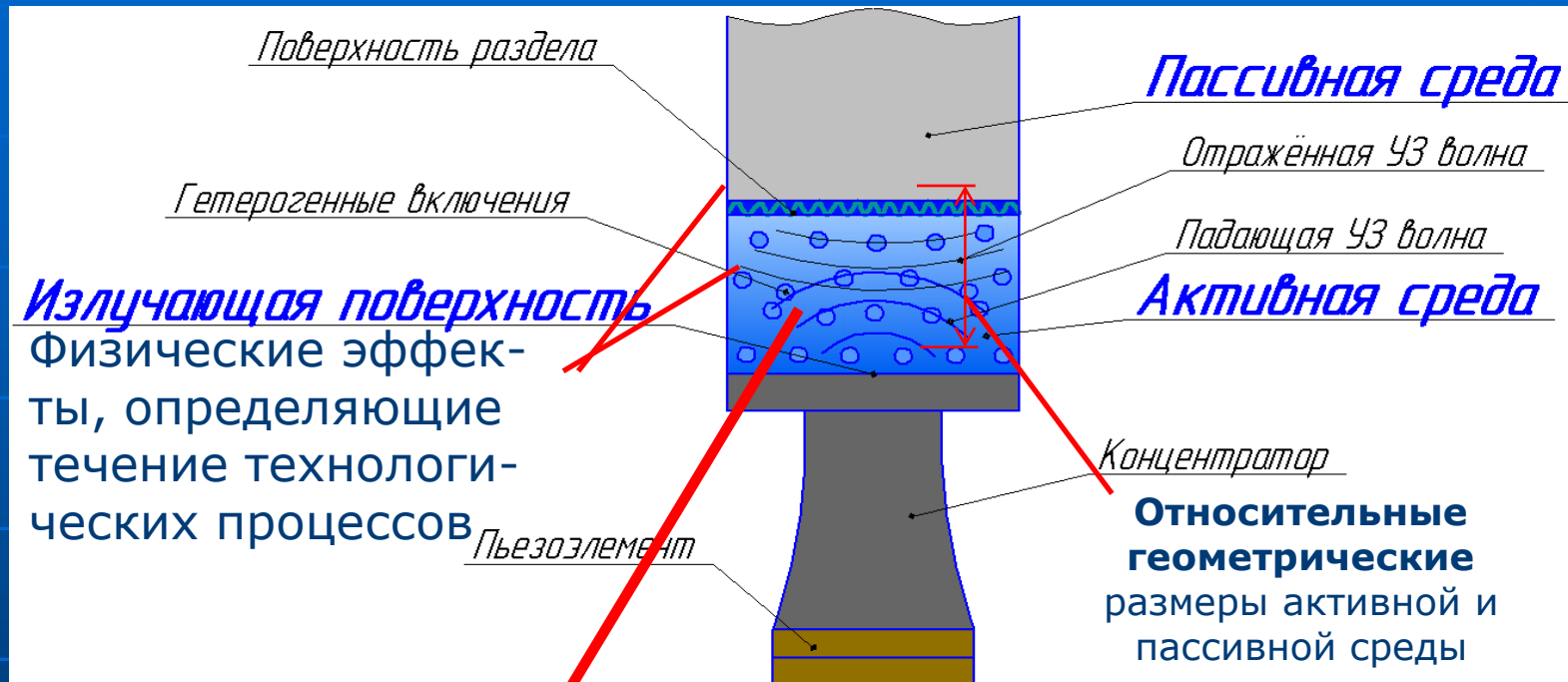
Технологический процесс



Ультразвуковой технологический аппарат



Общая схема работы УЗ аппарата



Частота и интенсивность УЗ излучения

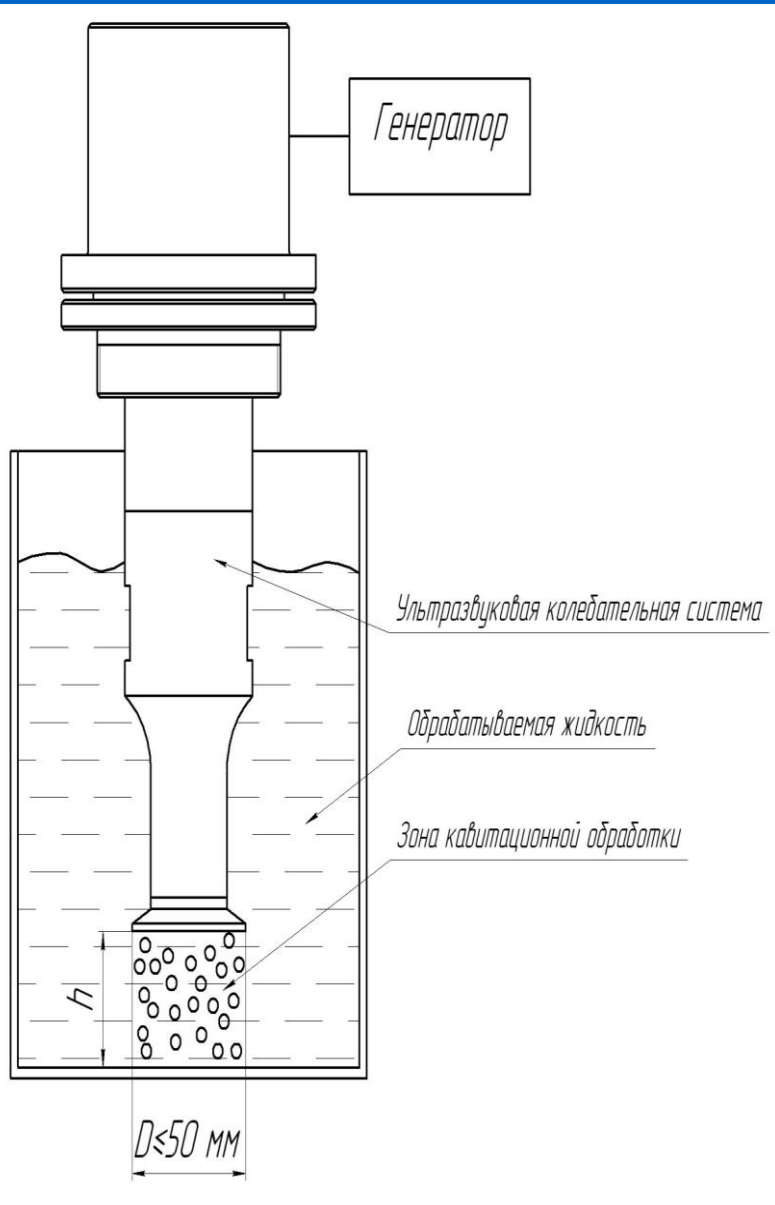
$$\mathbf{R} = \mathbf{F}(f, A, \mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \mathbf{L})$$

Найти функциональную зависимость

Постановка задачи оптимизации

R – вектор критериев оптимальности, **P₁** – вектор свойств и характеристик активной среды, **P₂** – вектор свойств и характеристик пассивной среды, **L** – вектор относительных геометрических размеров активной и пассивной среды, **f** – частота колебаний излучателя, **A** – амплитуда колебаний излучателя.

Работа УЗ аппарата



При использовании современных УЗ аппаратов одновременный объем обрабатываемой жидкости составляет:

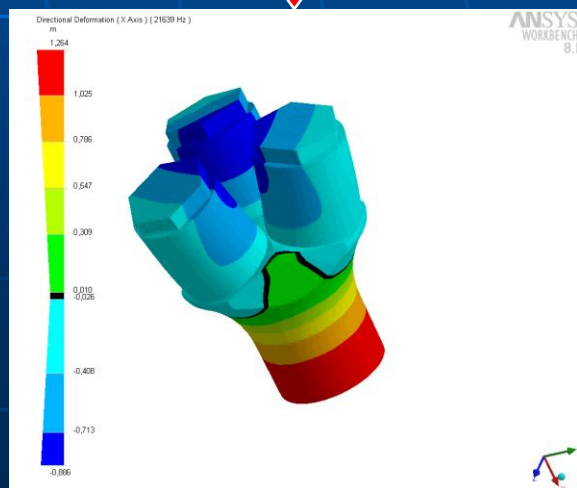
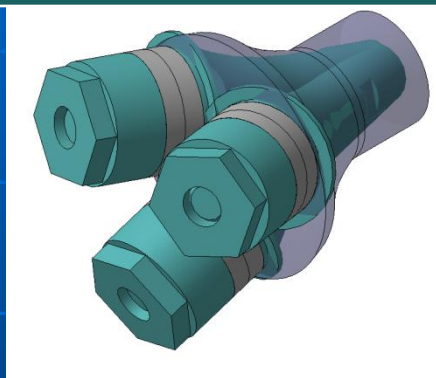
$$V_{\max} \leq 6\pi \cdot h \text{ см}^3 \\ = 18,8 \cdot h \text{ см}^3$$

$h = 0,1..10 \text{ см}$ в зависимости от вязкости жидкости.

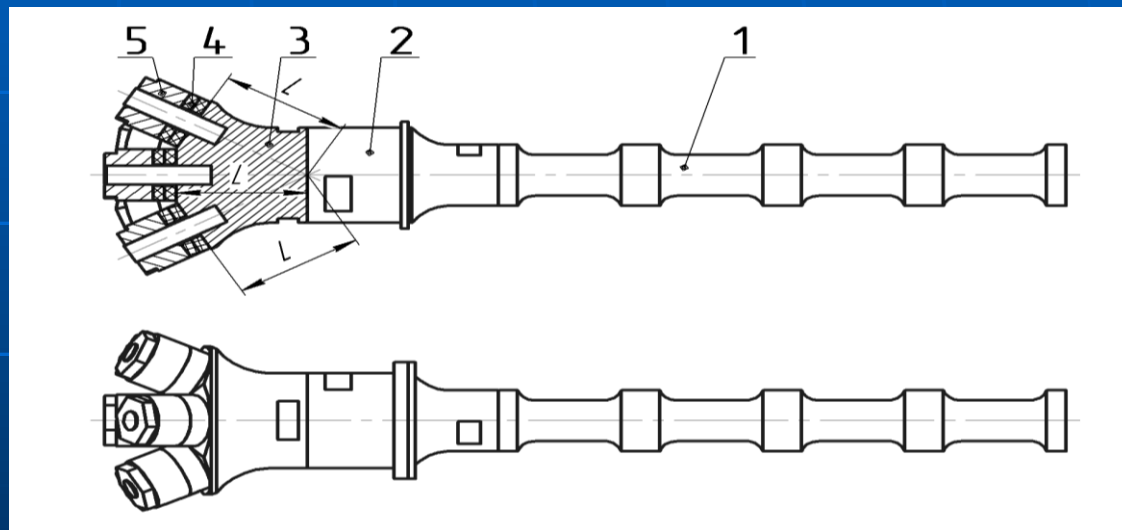
$$V_{\max} \leq 2...200 \text{ см}_7^3$$

Промышленные аппараты

Многоэлементный
пьезоэлектрический
преобразователь

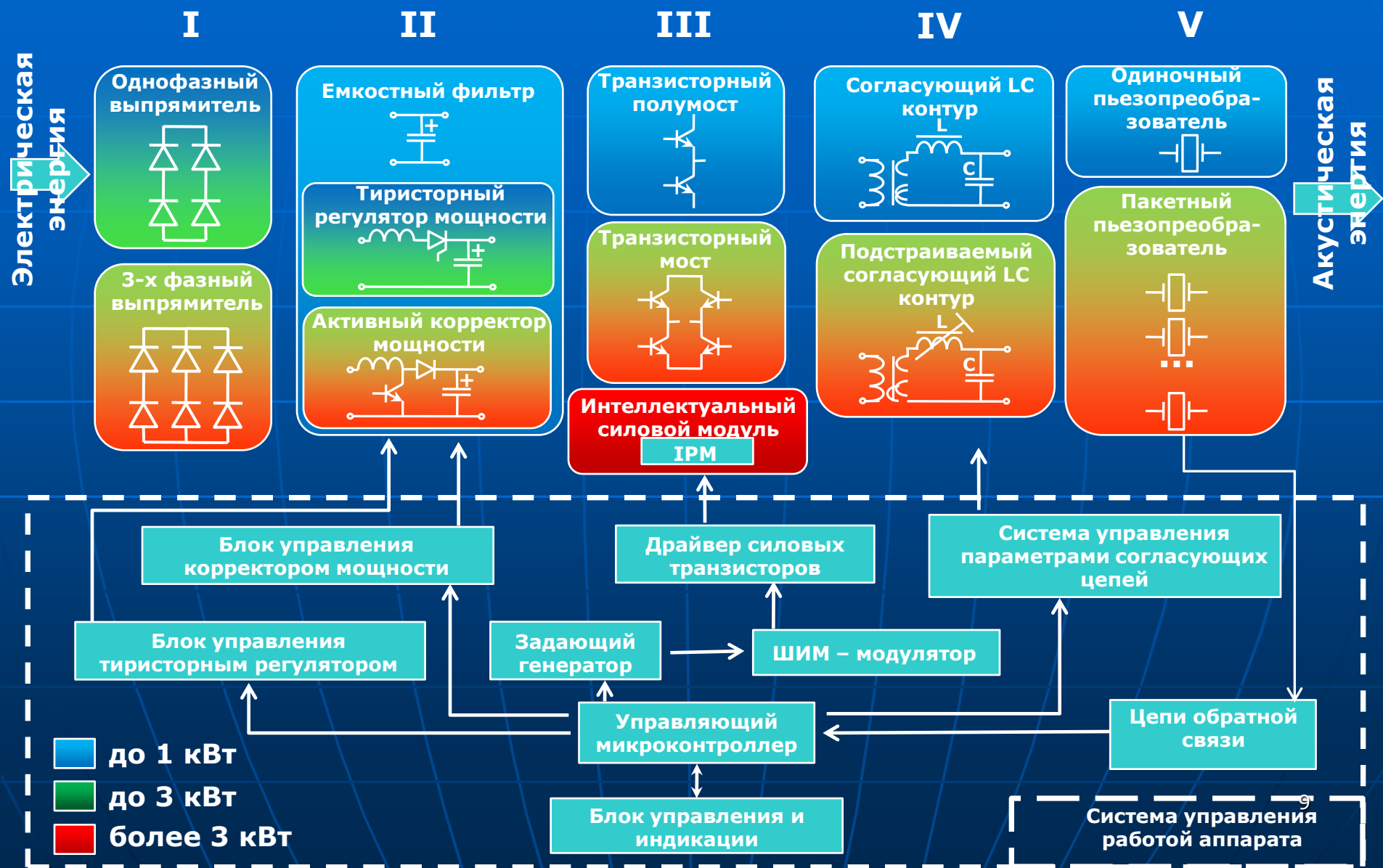


Многоэлементный пьезоэлектрический
преобразователь с многополуволновым рабочим
инструментом



1 – активный рабочий инструмент с увеличенной поверхностью излучения; 2 – согласующий акустический трансформатор (концентратор); 3 – рабочая частотнопонижающая накладка; 4 – пьезоэлектрические элементы; 5 – отражающие частотнопонижающие накладки

Структурная схема электронного генератора



Ультразвуковые аппараты с различной частотой излучаемых колебаний



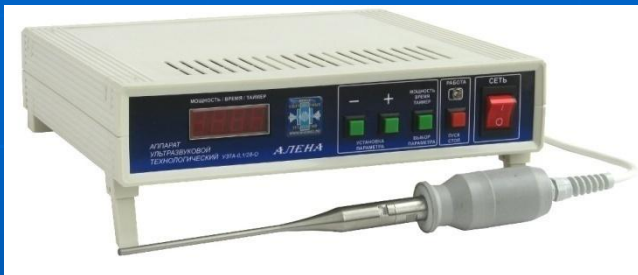
1 - модель УЗТА-0,2/22-ОМ, 22 кГц; 2 - модель УЗТА-0,4/22-ОМ, 30 кГц; 3 - модель УЗА-0,1/44-О, 44 кГц; 4 - модель УЗР-0,1/130-ОМв, 130 кГц

Ультразвуковые аппараты с различной ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ



1 – модель УЗП-0,25/44-О - 5 Вт/см²; 2 - модель УЗТА-0,4/22-ОМ - 10 Вт/см²; 3 - модель УЗТА-0,4/22-ОМ (вариант № 3) - 50 Вт/см²; 4 - модель УЗТА-0,1/28-О (вариант № 1) - 100 Вт/см²

Ультразвуковые аппараты с различной энергией излучения



1- УЗТА-0,1/28-О с поверхностью излучения диам.4,5 мм; 2- УЗТА-1/22-ОМ с поверхностью излучения диам. 40 мм; 3- УЗП-1/18-ОУ с поверхностью излучения 20x250 мм; 4 - модель УЗТА-10/18-ОПг с поверхностью излучения более 300 см²

Ультразвуковые аппараты для газовых сред



1- модель УЗАГС-0,1/22-О, диаметр 105 мм; 2- модель УЗАГС-0,3/22-О, диаметр 250 мм; 3- модель УЗАГС-0,5/22-О, диаметр 320 мм; 4- модель УЗАГС-0,6/18-О, диаметр 418 мм

Ультразвуковые процессы в аномальных условиях по давлению, температуре и химической агрессивности



- 1- УЗТА 1/22-ОРВ-2; 2- УЗТА-1/22-ОПД; 3 - УЗАП-3/22-ОПСГ;
4- УЗТА-1/22-ОПГ

Аппараты с различными функциональными ВОЗМОЖНОСТЯМИ



1 – для кавитационной обработки жидких сред; 2 – для обработки при погружении в объем и через стенку пробирки; 3 – для контактной передачи колебаний на физический объект; 4 – для обеспечения сварки и резки

Проточные ультразвуковые аппараты



1- проточный объем; 2- проточный объем с охлаждением; 3- проточный объем с охлаждением; 4- объем с возможностью
монтажа нескольких колебательных систем

Ультразвуковые аппараты с многополуволновыми излучателями



1 – аппарат Волна–М модели УЗТА-1/22-ОМ; 2 - аппараты Булава модели УЗТА-2/18-О; 3- аппарат серии Булава модели УЗТА-3/18-О; 4- аппарат Булава модели УЗТА-10/18-ОПг

УЗ аппараты для малых производств



Интенсивность: от 1 до 100 Вт/см²
Частота: от 20 до 100 кГц

Специализированные УЗ аппараты



Возможность обработки под высоким давлением (до 20 атм.)
и при повышенной температуре (до 1000 °С)



Возможность воздействия на границу раздела фаз

Производственные технологические аппараты



Модель УЗТА-3/22-О

Мощность, ВА	3000
Рабочая частота, кГц	22
Интенсивность излучения, Вт/см ²	10

Модель УЗТА-8/22-ОП Модель УЗТА-8/22-О



Модель УЗТА-4/22-О Модель УЗТА-4/22-ОП



Мощность, ВА	8000
Рабочая частота, кГц	22
Интенсивность излучения, Вт/см ²	10

Мощность, ВА	4000
Рабочая частота, кГц	22
Интенсивность излучения, Вт/см ²	10

Реализованы технические решения по патентам РФ: № 2346206; № 2323788; № 2403085.

УЗ аппараты для коагуляции



Ультразвуковой лабораторный аппарат «Нежность» для обработки жидких сред (частота колебаний 44 кГц, интенсивность воздействия до $4 \cdot 10^4$ Вт/м²)



Ультразвуковой технологический аппарат для обработки жидких сред «Волна-М» (частота колебаний 22 кГц, интенсивность воздействия $20 \cdot 10^4$ Вт/м²)

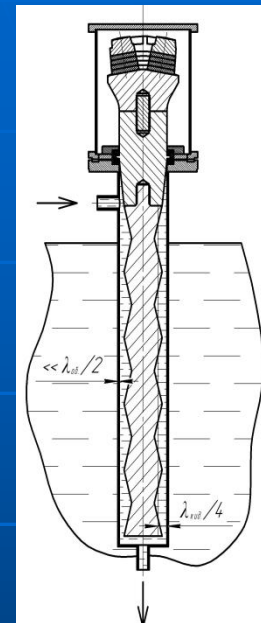


Ультразвуковой технологический аппарат для обработки жидких сред «Волна» (частота колебаний 22 кГц, интенсивность воздействия $3,5 \cdot 10^4$ Вт/м²)



Ультразвуковой технологический аппарат для обработки жидких сред «Булава» (частота колебаний 22 кГц, интенсивность воздействия до $10 \cdot 10^4$ Вт/м²)

Ультразвуковая колебательная система
Заявка № 2011133748



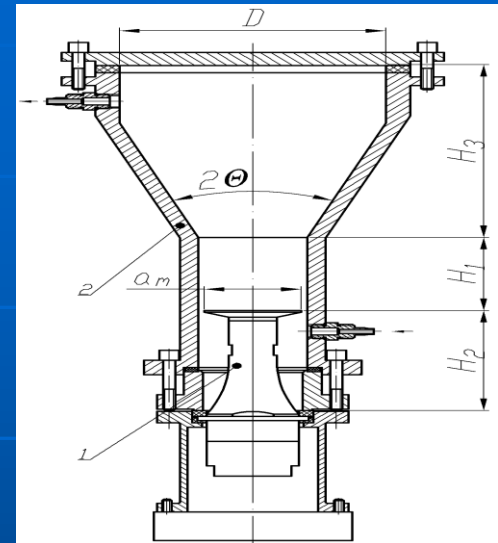
Модернизированный ультразвуковой излучатель оснащенный звукопроводящим объемом

Технологические объемы УЗ аппаратов

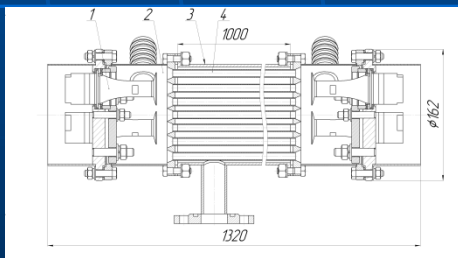


Технические характеристики:

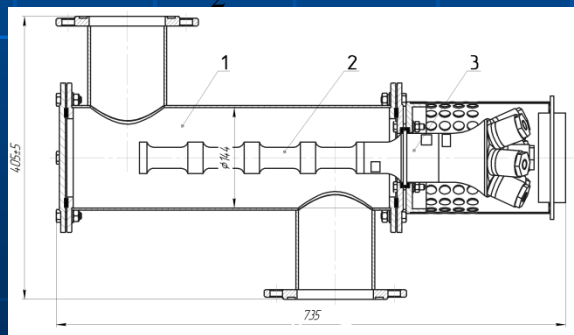
$f = 21,6 \text{ кГц}$
 $P_{ак} = 315 \text{ Вт}$
 $A = 30 \text{ мкм}$
 $\text{КПД} = 81\%$
 $I = 19,7 \text{ Вт/см}^2$



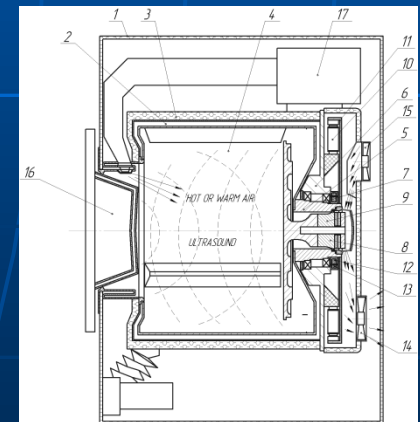
$$H_1 = \frac{\pi \cdot a_m^2}{8\lambda \left| \arcsin \frac{P_{\min}}{2v_0 \rho \cdot c} \right|}, \quad H_2 = \frac{\lambda}{4}, \quad H_3 = \frac{\rho \cdot A \cdot f^2 \pi^2 a_m^2}{P_{\min}}, \quad D = \frac{4J_1 \left(\frac{ka_m \sin \theta_{y3}}{2} \right)}{\frac{ka_m \sin \theta_{y3}}{2}} H_3$$



Технологический объем для проточной обработки (фильтрации) жидких сред с совмещенными колебательными системами

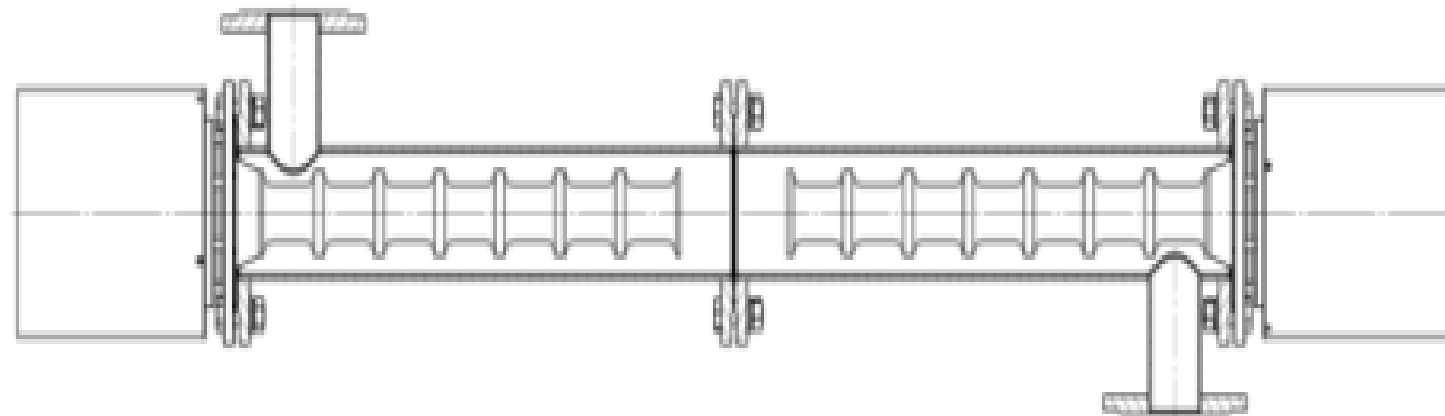
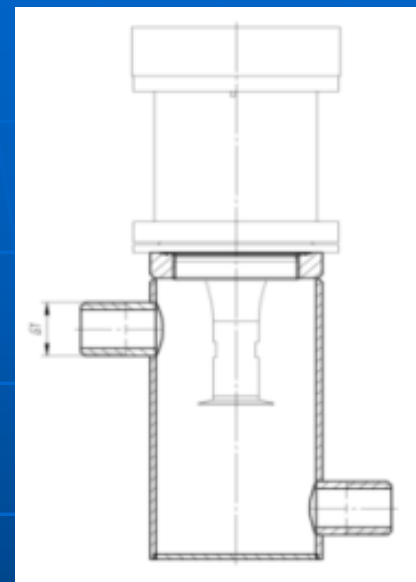
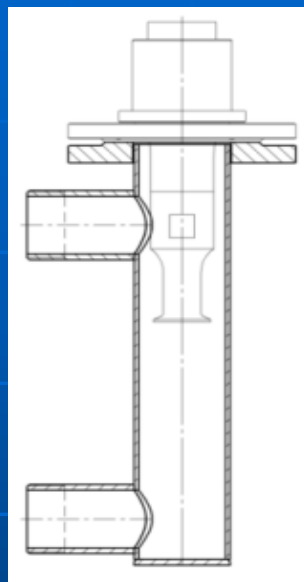


Технологический объем для проточной обработки жидких сред на основе колебательной системы с увеличенной площадью поверхности излучения ультразвуковой энергии



Технологический объем для осуществления ультразвукового воздействия в газовых средах (сушка)

Применение различных технологических объемов для УЗ аппаратов



Воздействие на жидкодисперсные среды

Интенсификация процессов и получение новых материалов в жидкостях

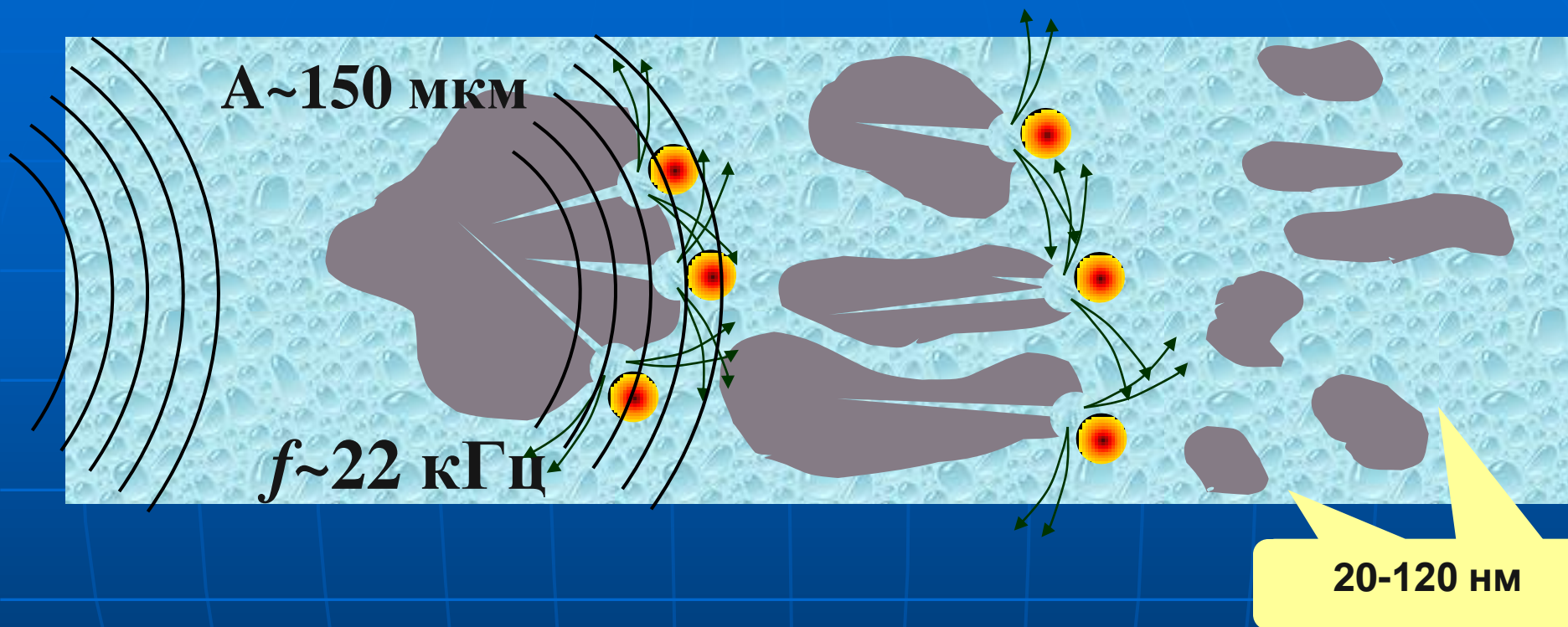
Физ.-мех. процессы

1. Экстракция растительного сырья
 - В 100...10000 раз быстрее
 - Увеличение выхода
 - Стерилизация
2. Разделение многокомпонентных систем
3. Деэмульгирование
4. Коагуляция гидрозолей
5. Дегазация
6. Кристаллизация
7. Предотвращение кристаллизации

Химические реакции

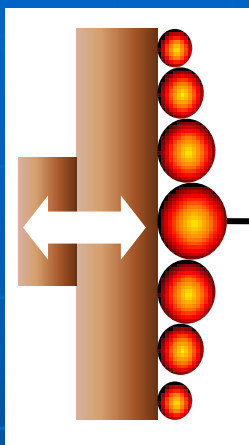
- Разрыв химических связей веществ в кавитационном пузырьке и на его поверхности
1. Окислительно-восстановительные реакции
 2. Деполимеризация
 3. Полимеризация

Кавитационное диспергирование



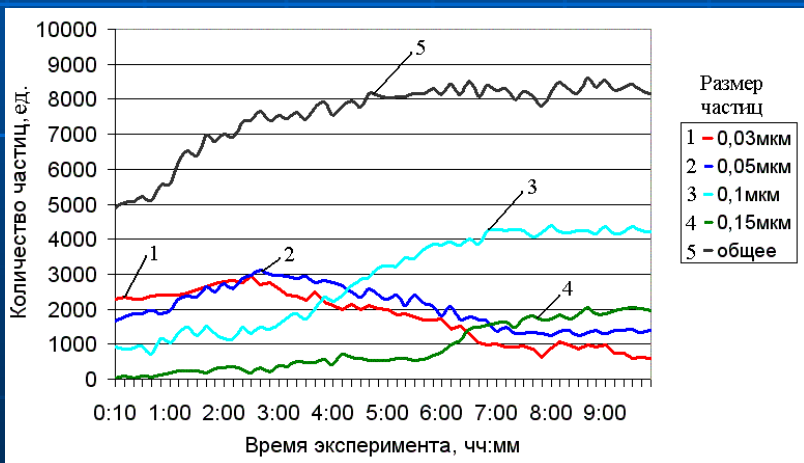
- очистка и активация наночастиц;
- равномерное распределение в вязких средах;
- разрушение кластеров;
- осаждение наночастиц в жидкости.

Кавитационное получение наночастиц

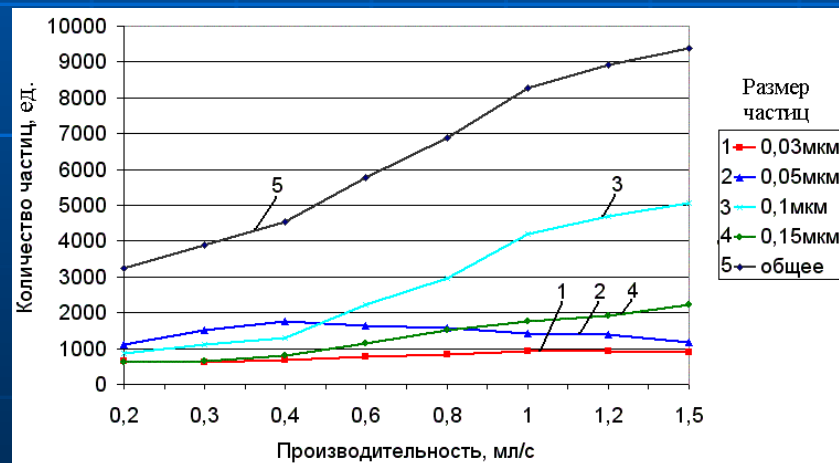


Экспериментальное оборудование

Механизм кавитационного разрушения



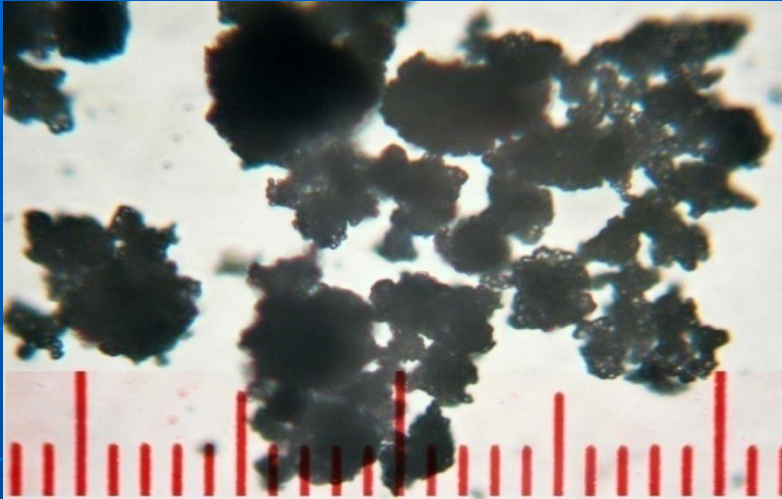
Зависимость количества генерируемых частиц от времени ультразвукового воздействия



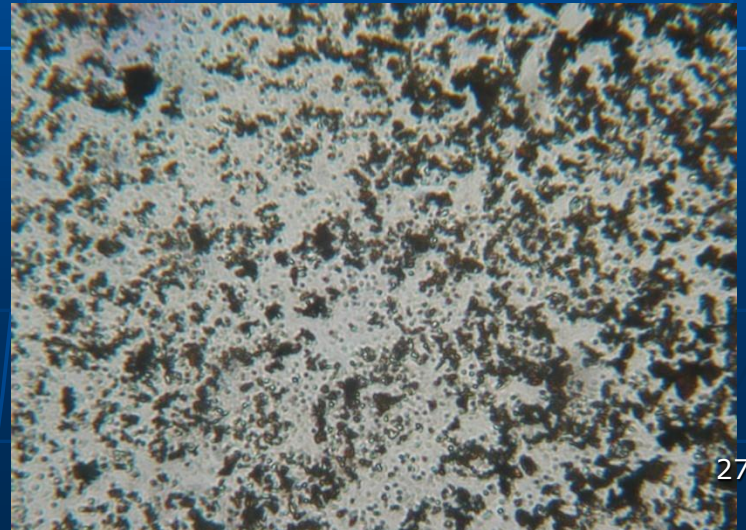
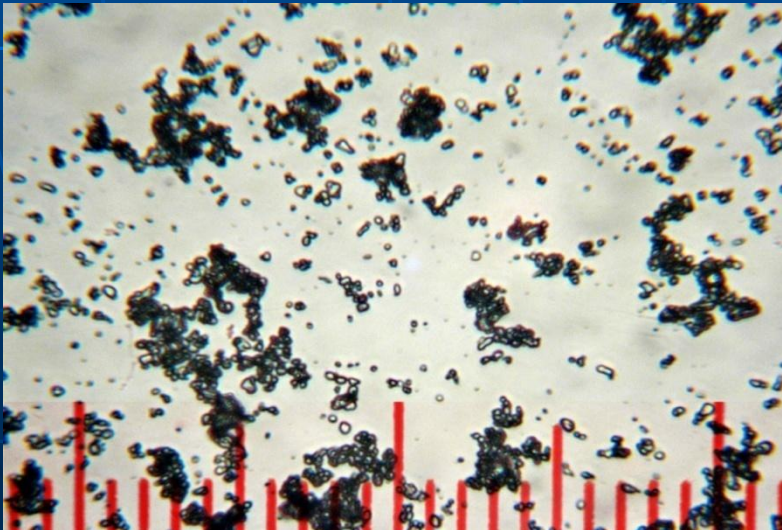
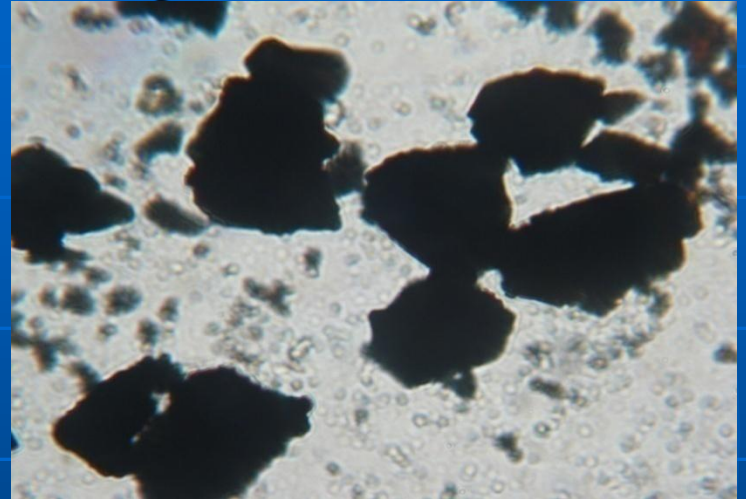
Зависимость количества генерируемых частиц от интенсивности излучения

Диспергирование частиц

окись алюминия



водно-угольное топливо



Равномерное распределение, гомогенизация и разрушение агломератов наночастиц в вязких средах

Преимущества

модификация эпоксидных смол путем организации наноструктур при создании изделий ответственного назначения;

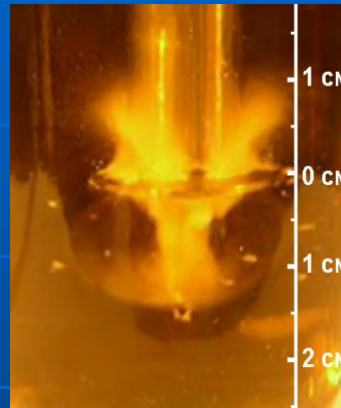
введение в технические масла нанодIAMAZOV с целью создания антифрикционных композиций

формирование стабильных эмульсионных красок, консистентных смазок

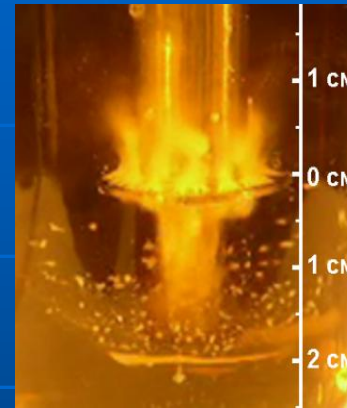
получение высокостабильных суспензий

Кавитация в
эпоксидной смоле

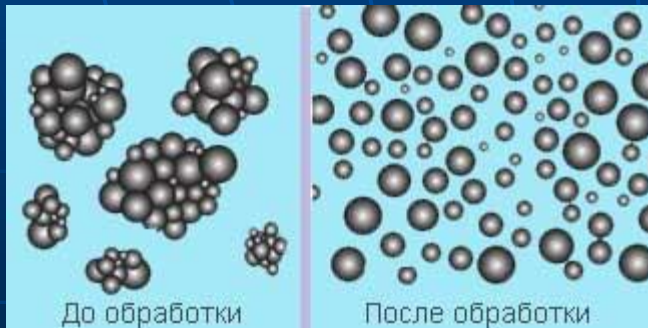
3 с



9 с

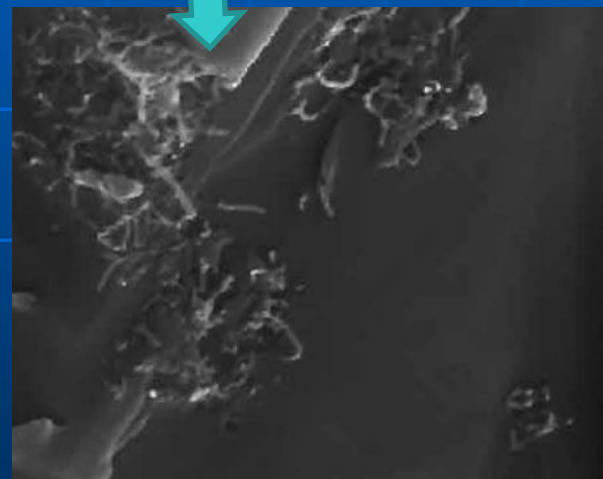
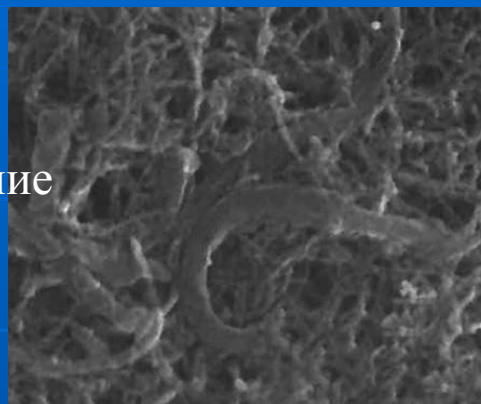


Кавитация в
высоковязком
масле



Применение ультразвуковых аппаратов для производства композиционных материалов

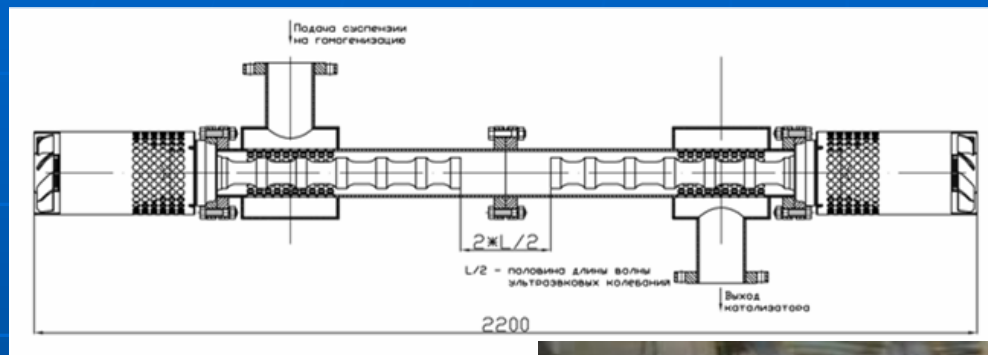
Диспергирование
в образцах
композиита



Повышение предела прочности в образцах, обработанных ультразвуком, составило от 65 до 72 % по сравнению с образцами, в которых УНТ перемешивались механической мешалкой.

Применение ультразвуковых аппаратов при производстве бензинов

Эскиз УЗ аппарата для диспергирования катализатора



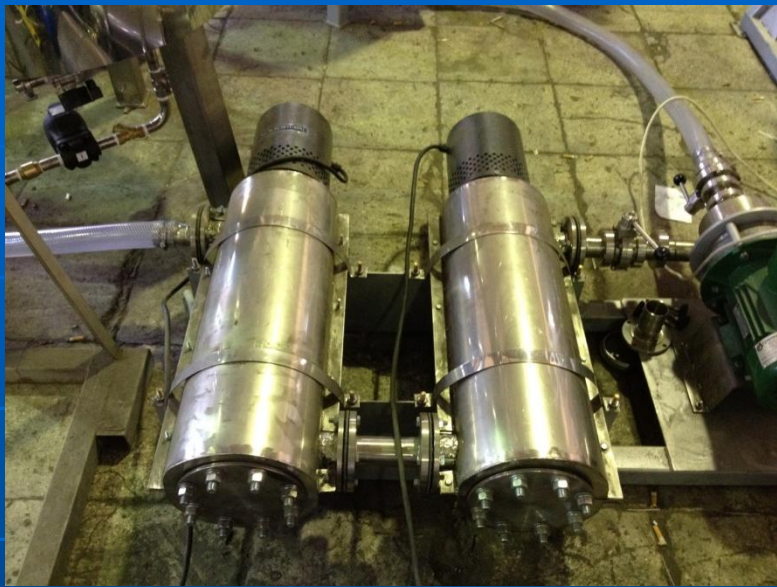
Промышленная установка
УЗ диспергирования



Полученные результаты:

Повышение выхода легких фракций из нефти при использовании диспергированного катализатора на 17% по сравнению с катализатором полученным обычным перемешиванием. Достигнутая мощность производства **4,5 тыс. тонн** катализатора в год.

Промышленные установки производства нанотрубок



УЗ аппараты для химических технологий

Нефтешлам до УЗ
обработки



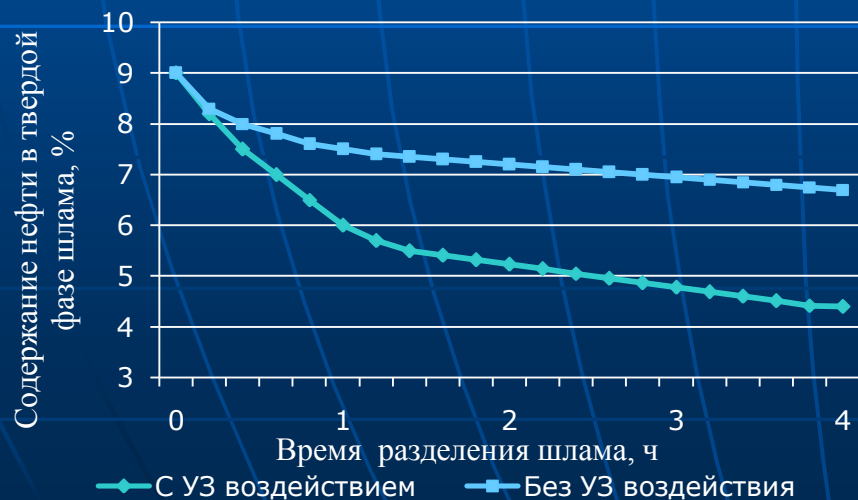
Нефтешлам после
УЗ обработки



Установка УЗ обработки нефтепродуктов



Зависимость содержания нефти в твердой
фазе шлама от времени разделения



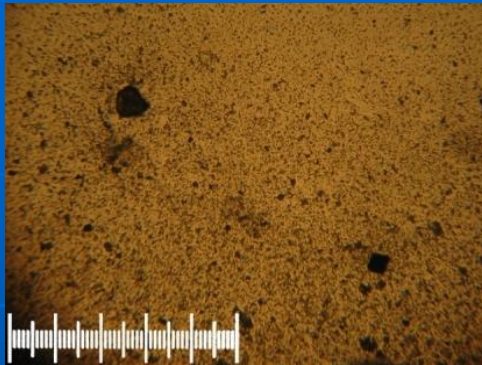
Полученные результаты:

- Повышение выхода дистиллятов из газового конденсата на **17-21%**;
- Повышение выхода дистиллятов из сырой маловязкой нефти на **50%**;
- Повышение выхода дистиллятов из высоковязкого мазута на **20%**.

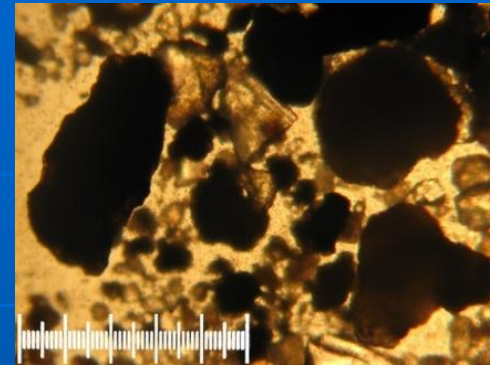
УЗ обработка дисперсных систем

Обработка суспензии (бентонит в воде)

Обработка водной суспензии бентонита УЗ аппаратом «Волна-М» оснащенным звукопроводящим объемом



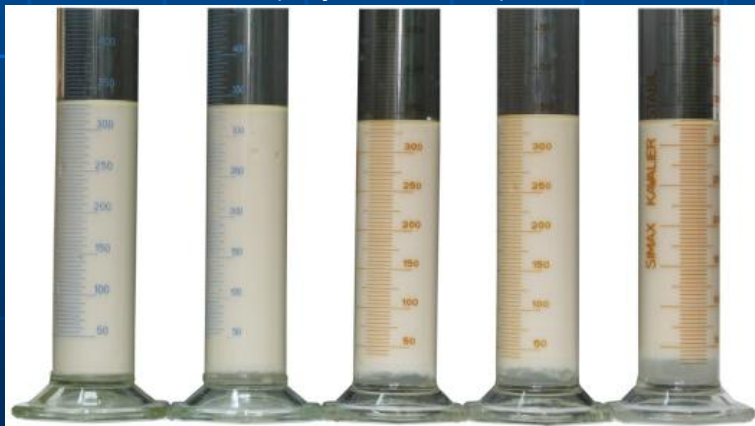
Суспензия до обработки
(размер частиц менее $5 \cdot 10^{-5}$ м)



Суспензия после 5 минут УЗ воздействия
(размер частиц увеличился до $5 \cdot 10^{-4}$ м)

Разделение эмульсий (вода и моторное масло)

Обработка УЗ аппаратом «Нежность»
(эмульсия 1 к 1)

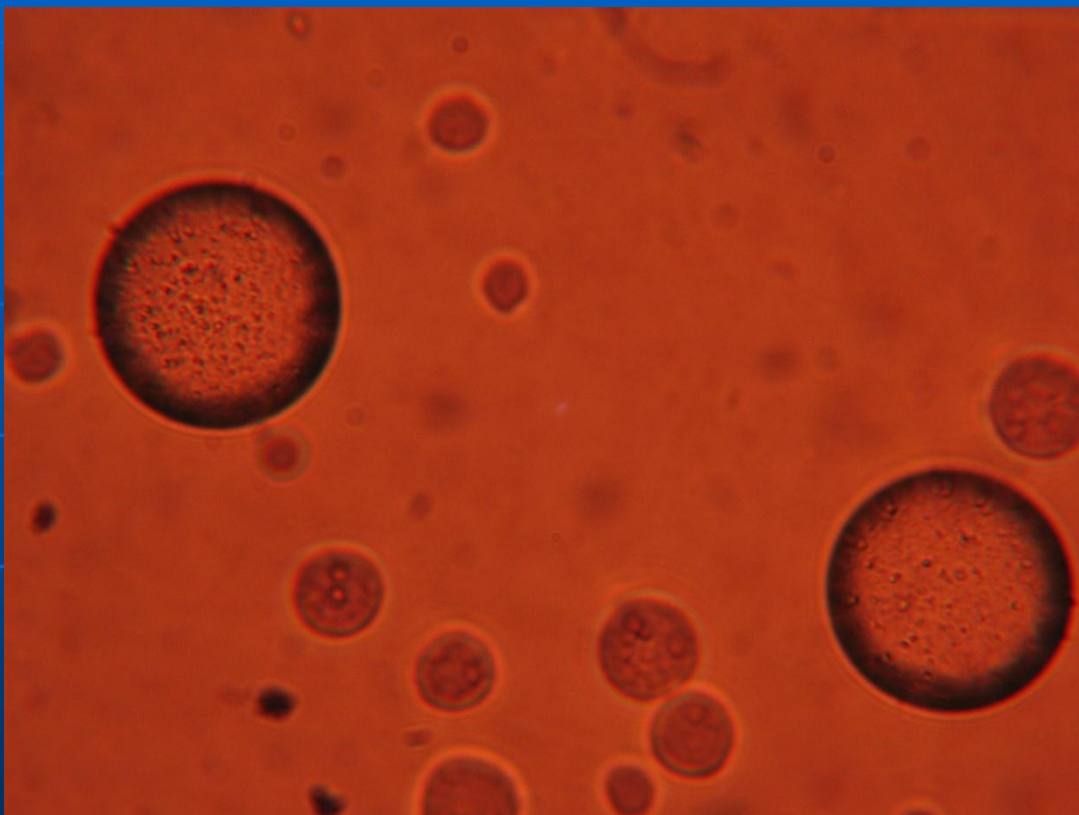


6 12 18 24 30
Время УЗ воздействия (мин)

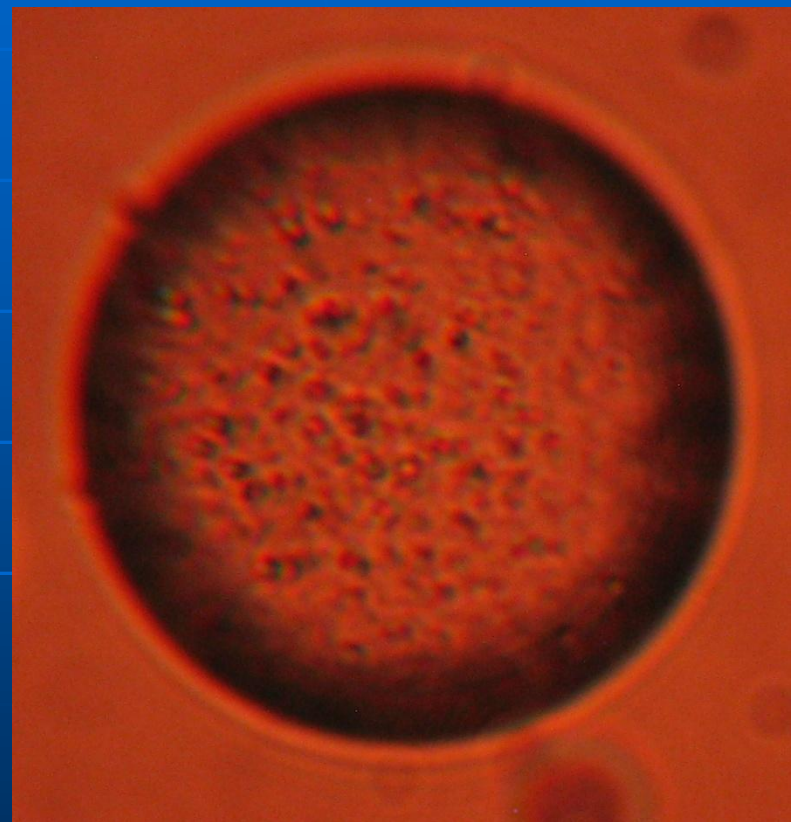
Обработка образцов эмульсии объемом 1 литр аппаратом
«Волна-М» оснащенным звукопроводящим объемом

Тип эмульсии	Объем выделенной воды, %
10 % масла – 90 % воды	88,3
20 % масла – 80 % воды	75,8
40 % масла – 60 % воды	44,3
50 % масла – 50 % воды	29,3
60 % масла – 40 % воды	24
80 % масла – 20 % воды	16,5

Образование и разрушение эмульсий

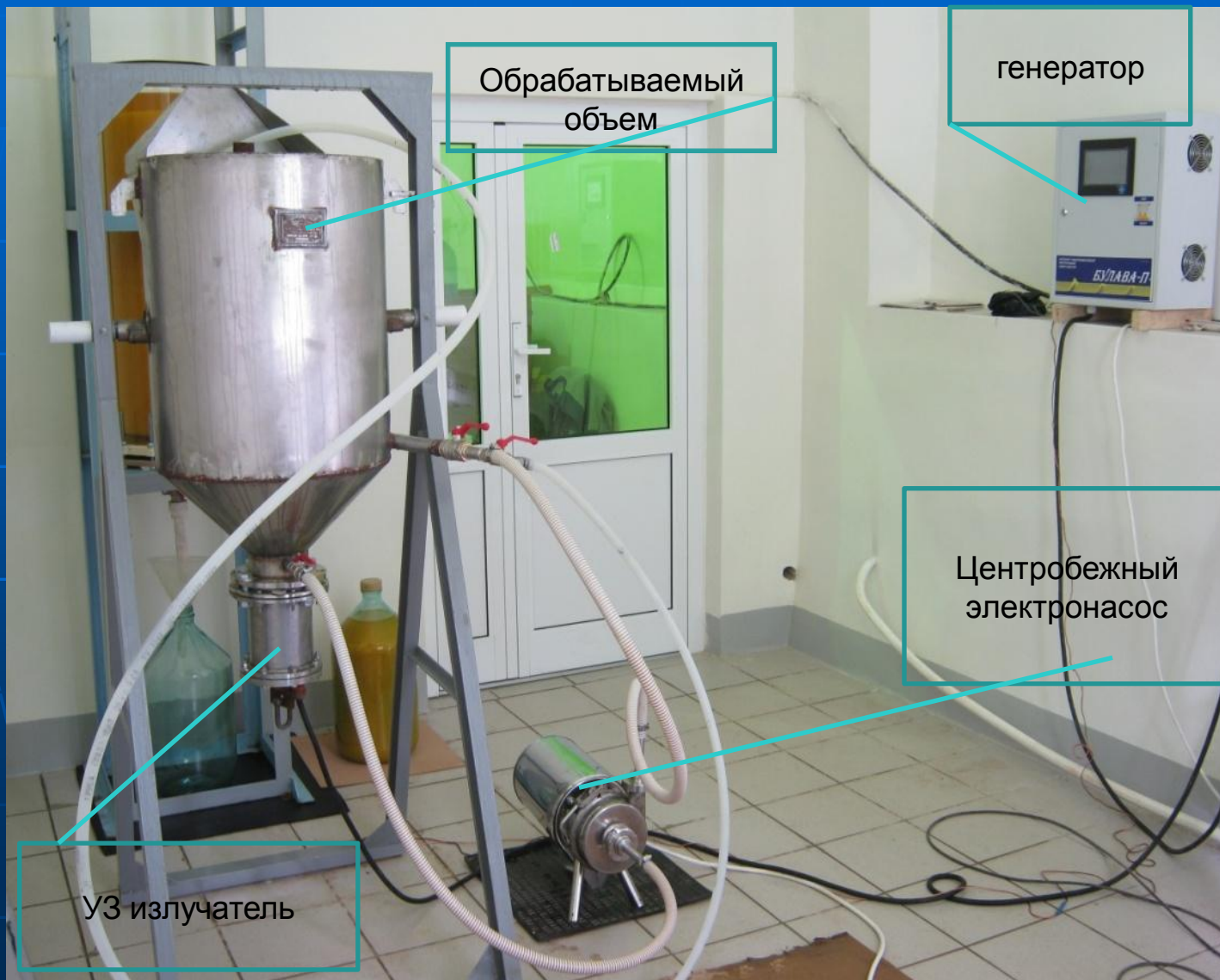


Масло в воде
Увеличение в 400 раз



Капля диаметром 5 мкм

Разделение мелкодисперсных жидких систем



УЗ обработка облепихового вина



Движение виноматериала в емкости в процессе обработки



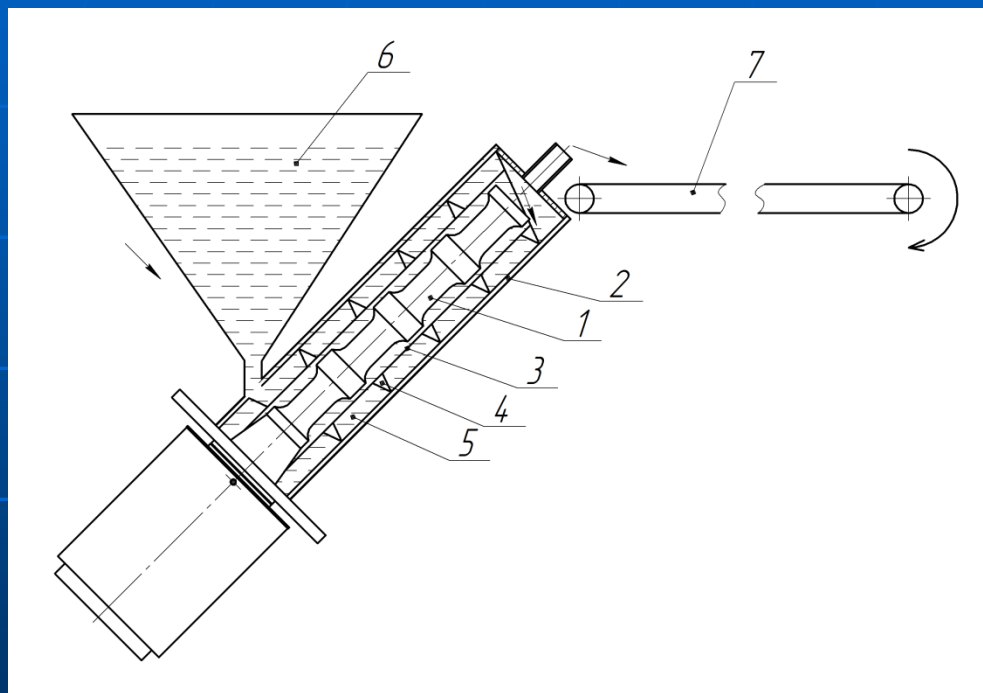
Образование хлопьев примесей в объеме виноматериала в процессе отстаивания после ультразвуковой обработки



Изменение виноматериала в процессе отстаивания

Предпосевная обработка семян

УЗ обработки семян при посадке



Позволяет повысить
урожайность на 15-30 %

Ультразвуковая экстракция

Экстрагирование сухого хмеля

Номер образца	Соотношение	Мощность генератора, Вт	Время обработки	Сухой остаток, %	Альфа кислота
Треб. ГФК					2,35–2,5
1	1 : 10	Мацерация	7 суток	1,8121	2,23
2	1 : 4	40	30 минут	1,9923	2,29
3	1 : 5	40	30 минут	2,0097	2,31
4	1 : 7	40	30 минут	2,0106	2,33
5	1 : 10	120	30 минут	2,0756	2,38
6	1 : 10	150	30 минут	2,1228	2,44
7	1 : 10	160	30 минут	2,1506	2,47
8	1 : 10	Кипячение	2 часа	1,5163	

Экстрагирование корня валерианы

Номер образца	Соотношение	Спирт, %	Время обработки	Сухой остаток, %	Валериан. кислота
Треб. ГФК				3,0	0,2
1	1 : 10	40	7 суток	3,4	0,3
	(без УЗ)				
2	1 : 4 (без УЗ)	70	7 суток	7,1	0,4
3	1 : 10 (с УЗ)	40	10 минут	2,9	0,2
4	1 : 10 (с УЗ)	40	20 минут	3,4	0,3
5	1 : 4 (с УЗ)	70	10 минут	6,9	0,4
6	1 : 4 (с УЗ)	70	20 минут	8,2	0,5

Результаты:

- ускорение процесса в 100...10000 раз;

- увеличение выхода полезных веществ до 20%;

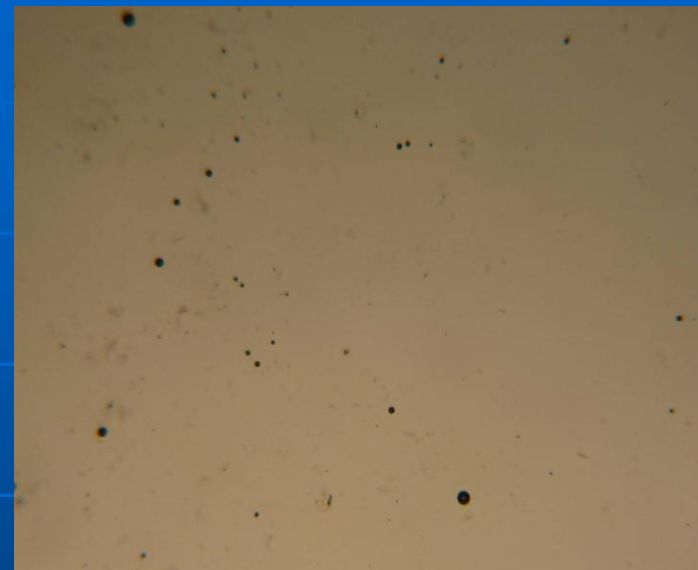
- стерильность экстракта

Ультразвуковая обработка меда

Устройство УЗ
обработки меда



Уменьшение центров кристаллизации
До обработки После обработки



Разжижение меда



УЗ стимуляция корнеобразования

Устройство УЗ
обработки черенков
растений



Масса корней
увеличена более чем
в 200 раз

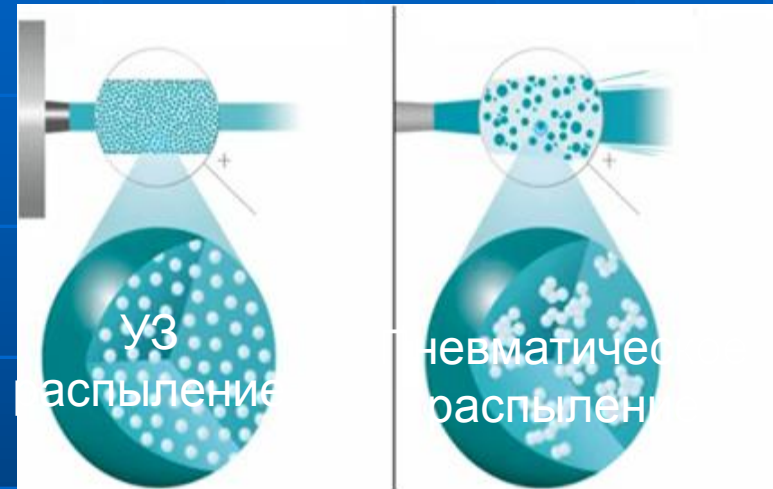
Без ультразвука



С ультразвуком



Аппараты для мелкодисперсного распыления



Аппараты УЗ распыления



Всего создано более 50 различных типов УЗ распылителей для нужд электронной, химической, фармацевтической промышленности и ₄₂ медицины

Ультразвуковое распыление жидкости

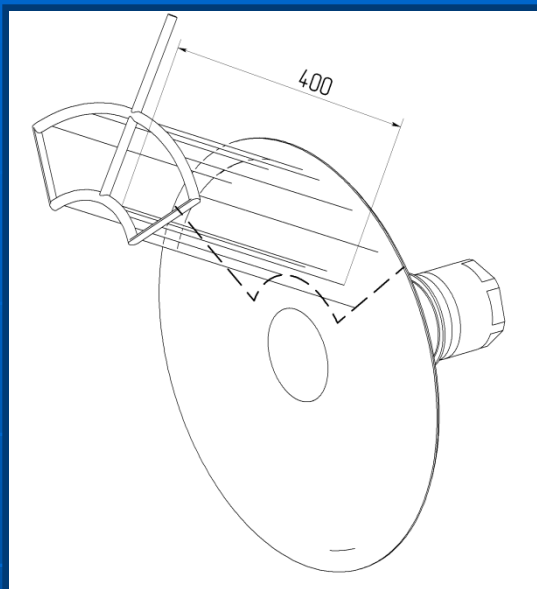


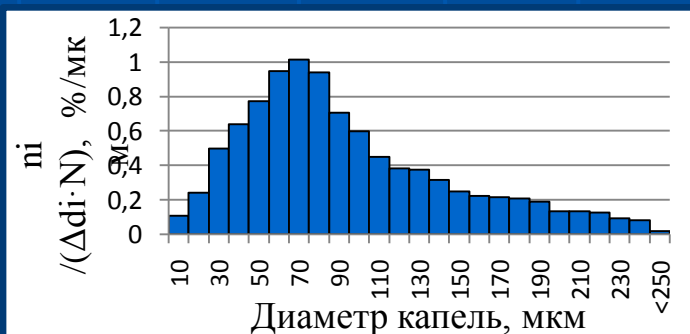
Схема подачи жидкости



Фото распылителя



Переносное



Гистограмма распределения капель

Технические характеристики:

Средний диаметр капель (d_{32}), мкм 100 (197)

Среднеквадратичное отклонение, мкм 68

Производительность (Диск $D=400$ мм), л/ч 1100

Потребляемая мощность, кВт/час 0,35

Сравнение энергетической эффективности способов диспергирования

Ультразвуковой
**от 0,35 кВт
на 1 т.**



Гидравлический
2 – 4 кВт на 1 т.

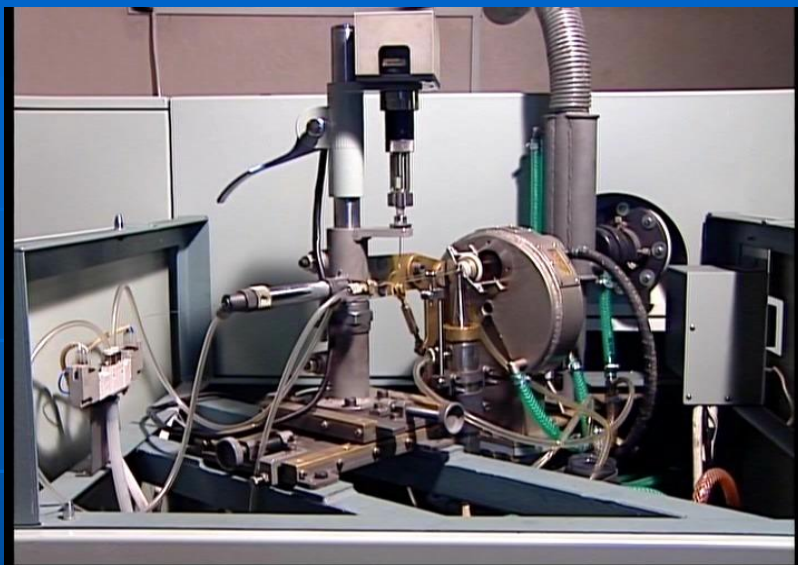


Механический
15–23 кВт на 1 т.



Пневматический
50–60 кВт на 1 т.

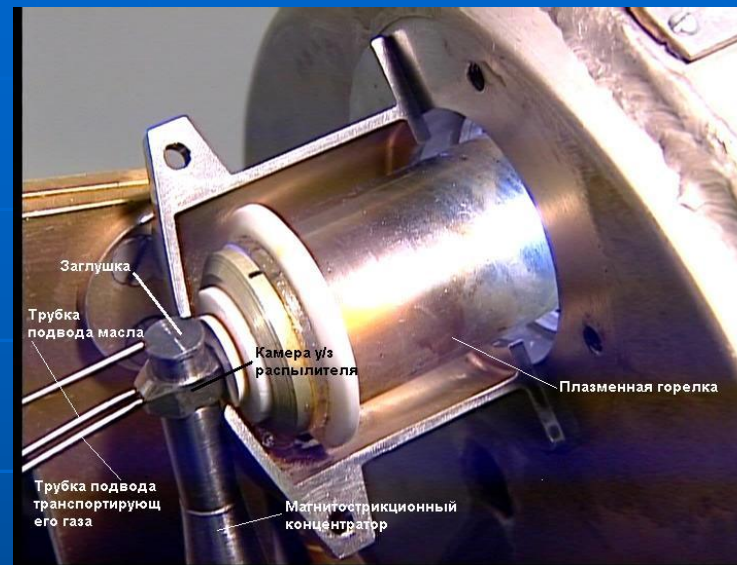
Распыление для анализа состава авиационных масел



Установка спектрального анализа частиц



Частота распылителя 60 кГц

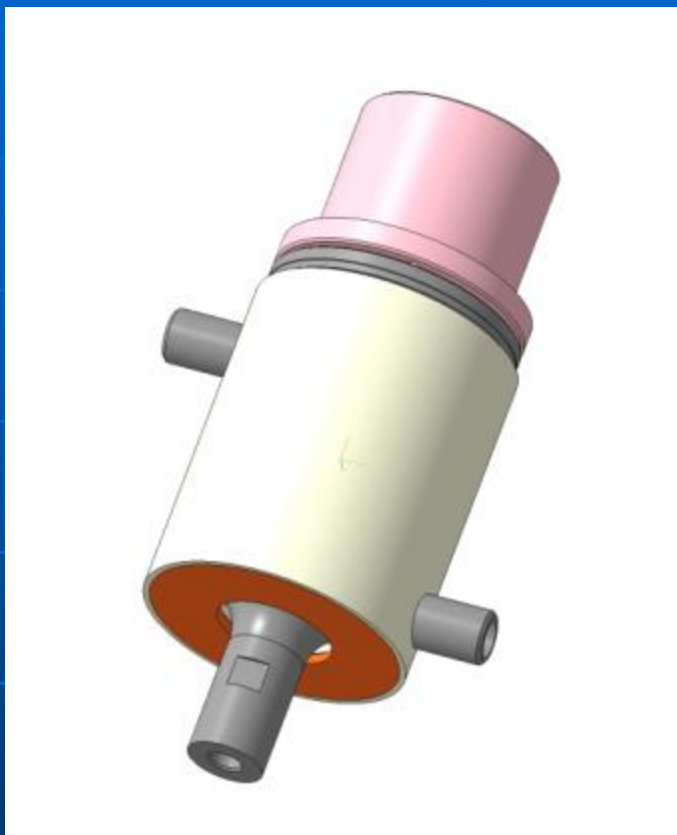


Ультразвуковой распылитель установленный в плазменной горелке



Частота распылителя 22 кГц

Распыление алюминия

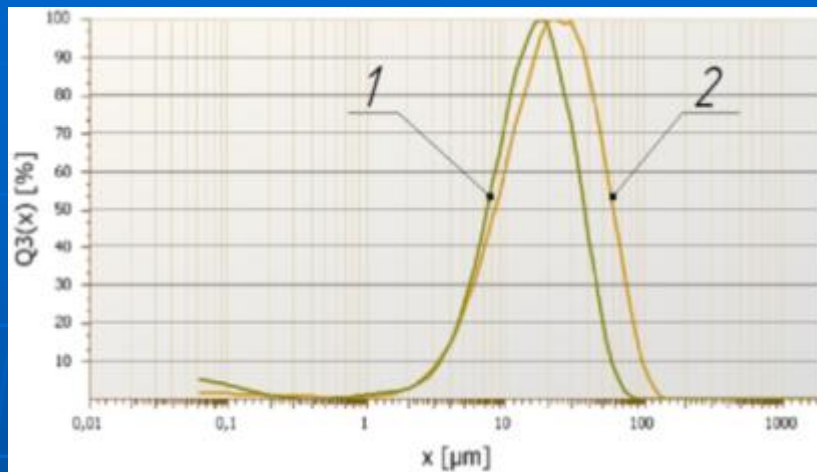


УЗКС для наложения колебаний на распылительную форсунку

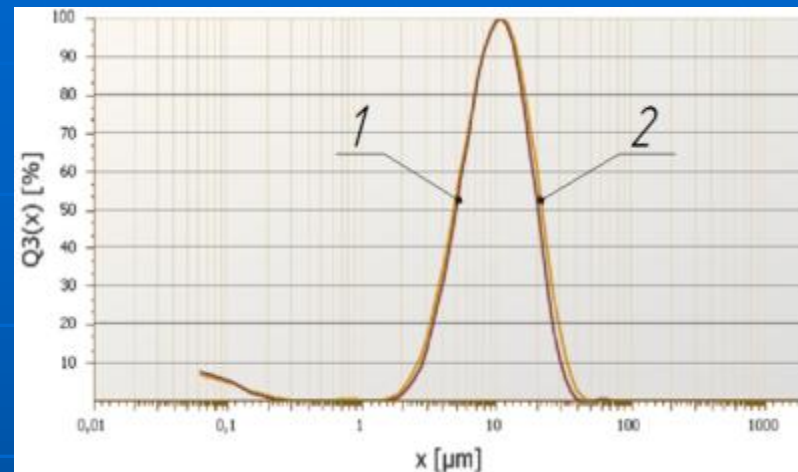


Фото установленного оборудования

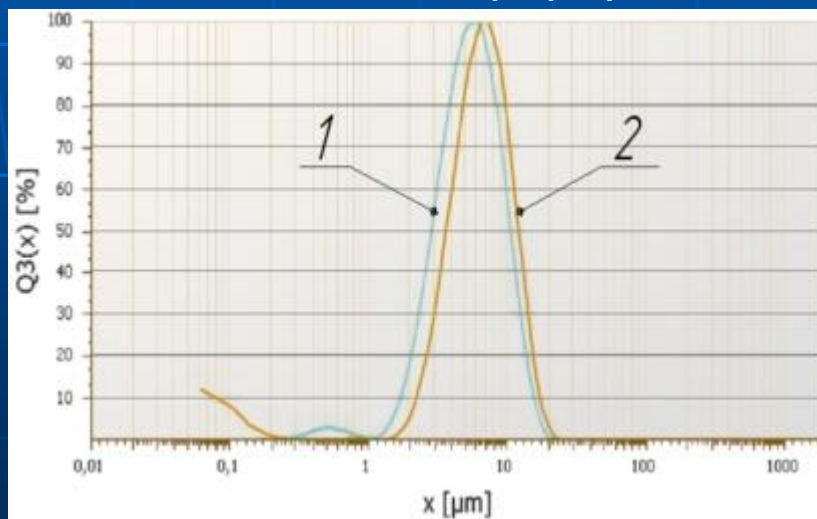
Гранулометрическая характеристика алюминия



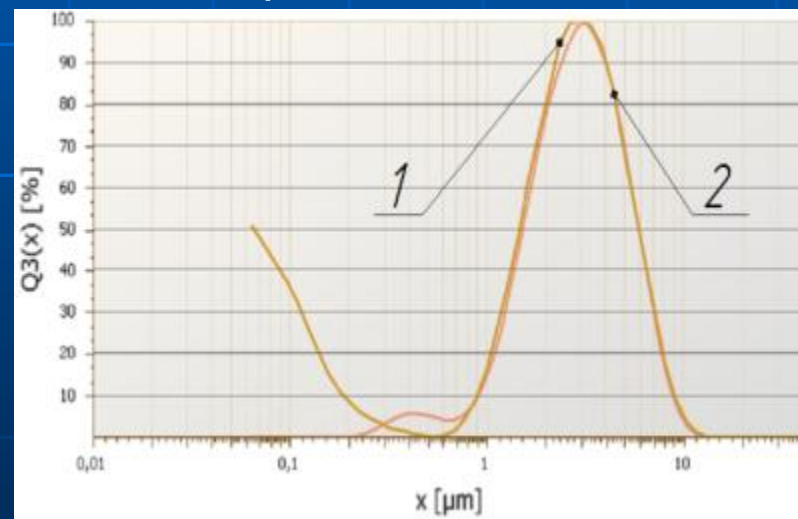
На выходе форсунки



Из сборника циклона №1



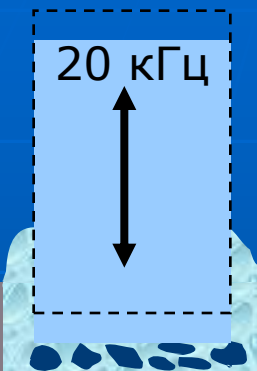
Из сборника циклона №2



Из рукавного фильтра

1 - с применением УЗ колебаний; 2 - без применения УЗ колебаний

Воздействие на твердые материалы (размерная обработка хрупких материалов)



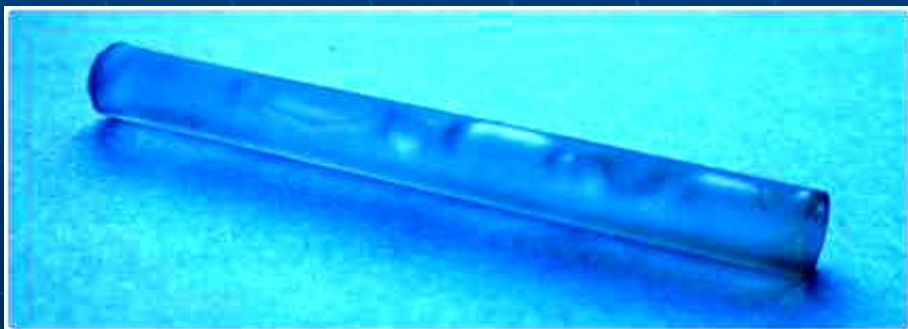
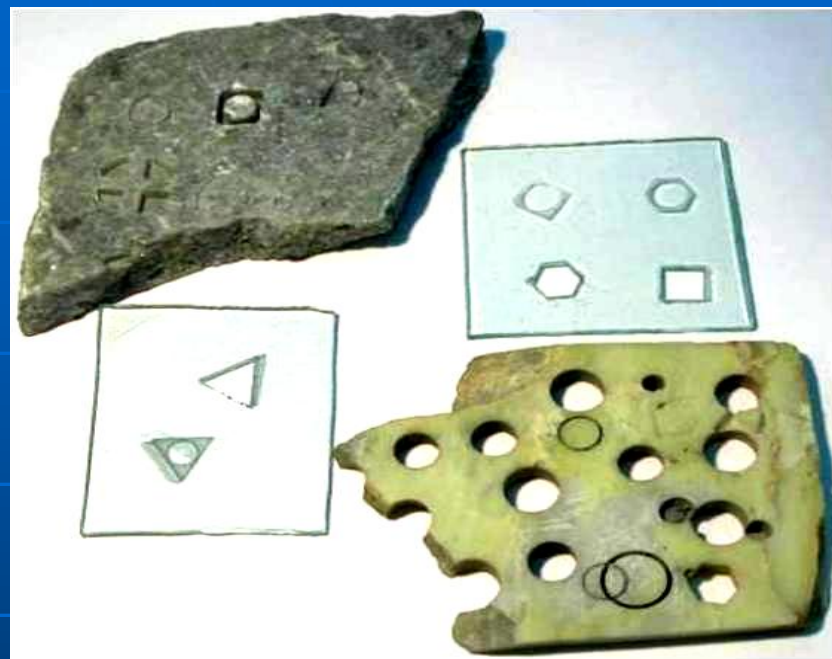
1. Ударное
воздействие
абразивных частиц

2. Циркуляция и смена
абразива за счет
кавитации

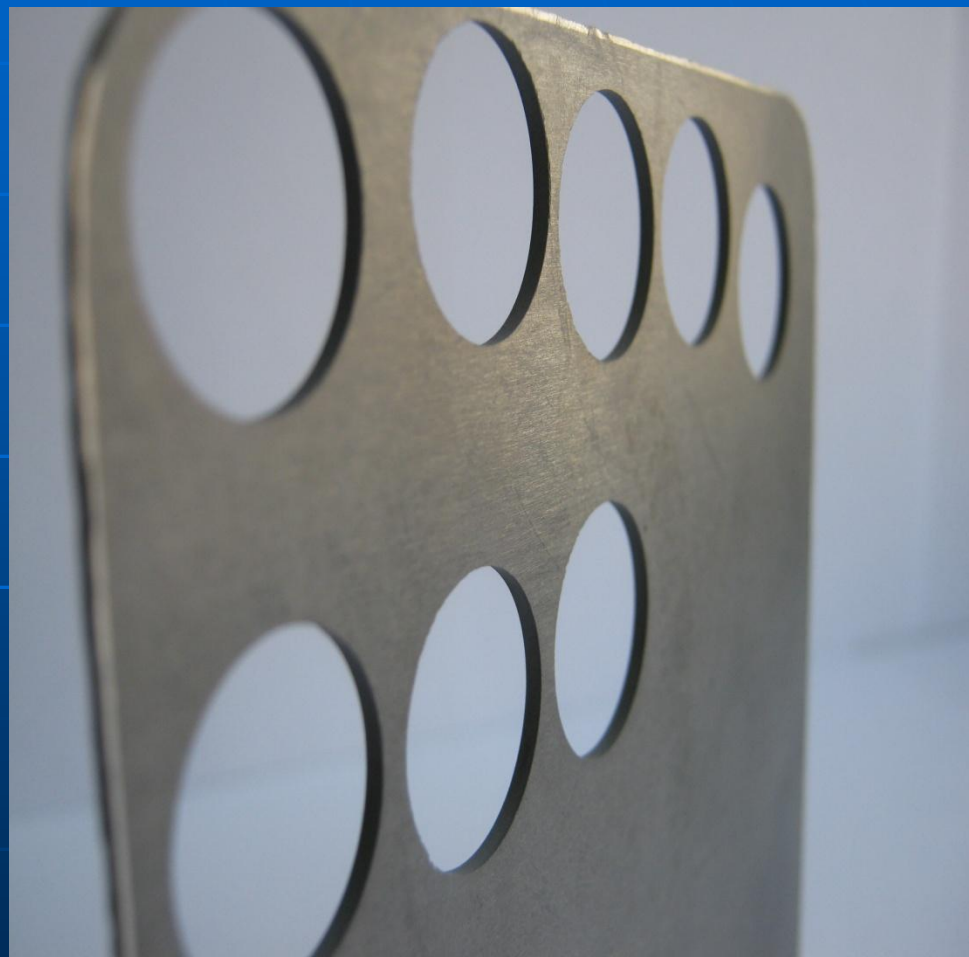
Результаты

- Энергоемкость $< 10 \text{ Дж/см}^3$
- Скорость $> 10 \text{ мм/с}$
- Отсутствие трещин
- Диаметр от 1 до 120 мм

УЗ обработка хрупких материалов



Производство керамических изделий



УЗ установка для выполнения каналов глубиной до 2 м (диаметром более 30 мм)

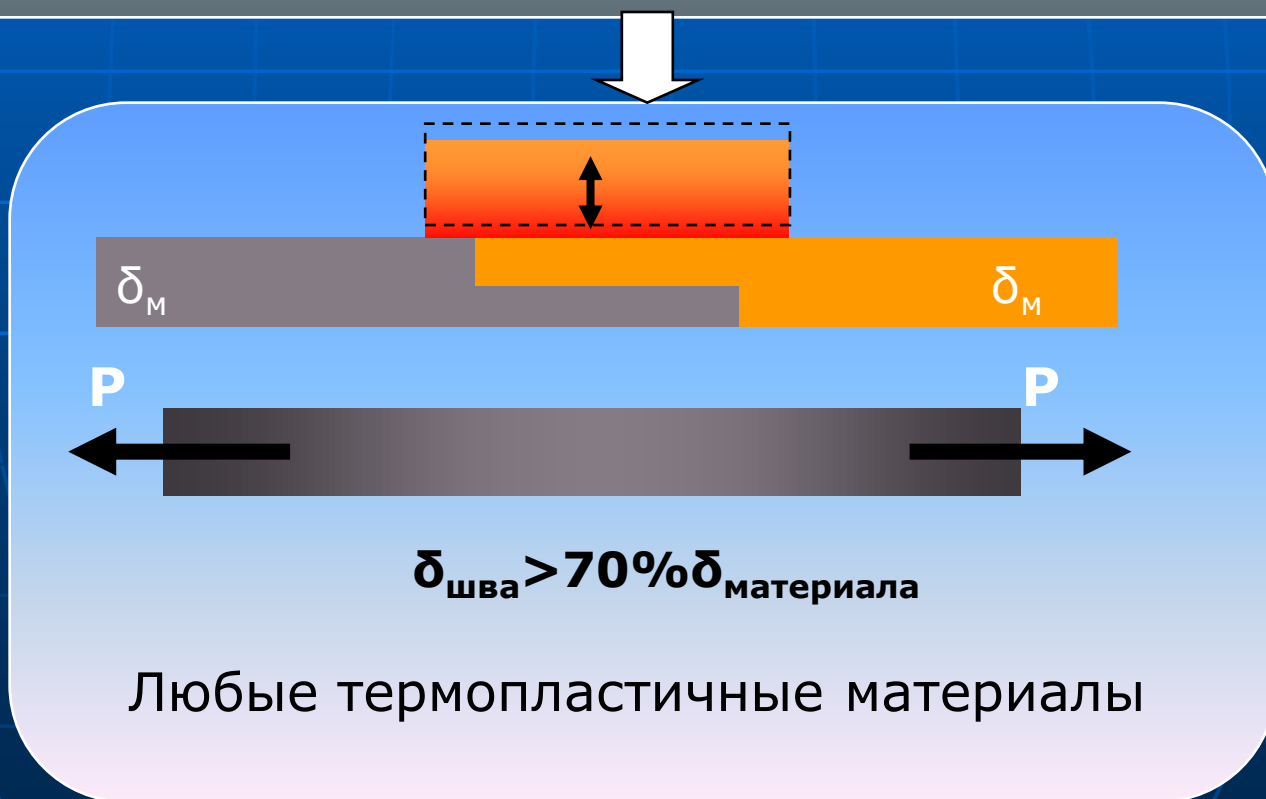


Буровой инструмент для УЗ сверления с разрушением грунта

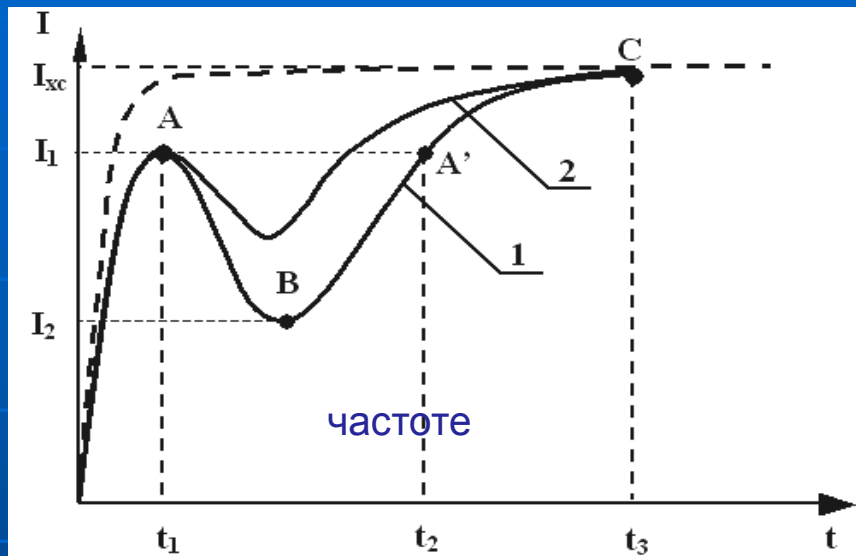


Сварка полимерных материалов

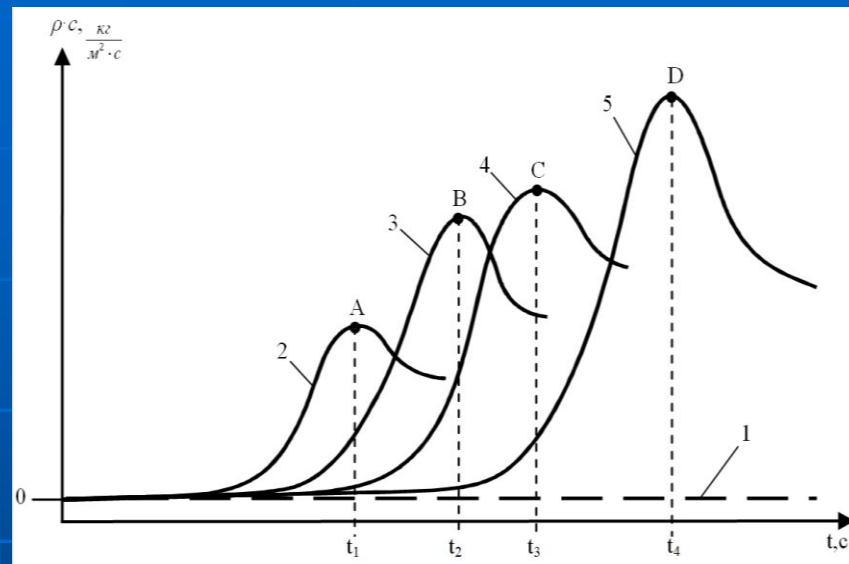
Интенсификация процессов
на границе раздела двух сред
(повышение температуры)



Обеспечение оптимальности УЗ воздействия



Зависимость амплитуды тока, протекающего через пьезоэлементы УЗКС при изменении свойств материалов в процессе сварки
(кривые 1 и 2)

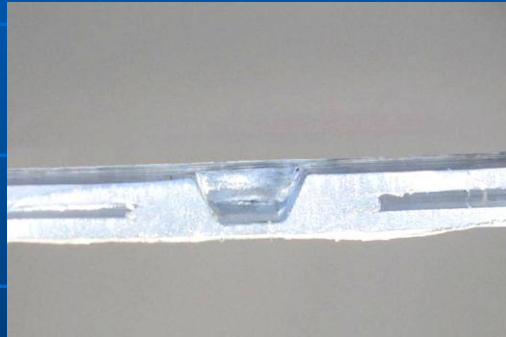


Зависимость волнового сопротивления свариваемых материалов от времени (для различных материалов кривая 1 - при отсутствии материалов; кривые 2-5 - для различных по свойствам материалов)

В результате анализа был предложен критерий оптимальности - максимальному значению волнового сопротивления материалов в зоне сварки соответствует момент формирования сварного соединения с максимальной прочностью

Эффективность сварки

Сварные соединения образцов из поливинилхлорида



а) - полученные при использовании существующей методики

б) - полученные при использовании новой системы

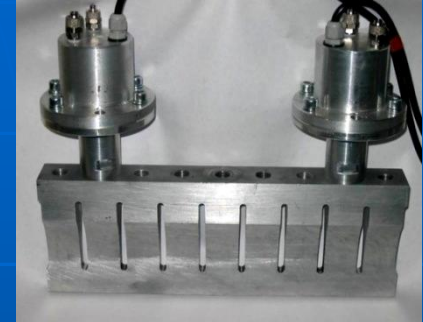
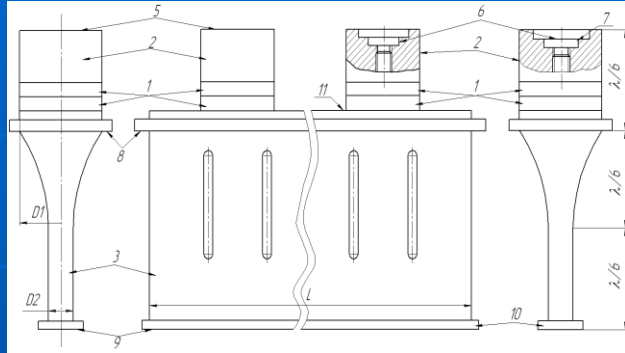
Результаты сравнения времени сварки, определенного теоретически и экспериментально

Наименование материала	Время сварки среднее, сек		отклонение, %
	определенное теоретически	определенное экспериментально	
Поливинилхлорид	0,758	0,65	15
Полипропилен	0,698	0,6	14
Полиэтилен	0,212	0,27	22
Полиэтилентерефталат	1,568	1,3	17
Полистирол	0,503	0,6	17

Новый критерий установления оптимального УЗ воздействия позволил практически реализовать новые способы управления процессами сварки, защищенные патентами РФ №№ 2192375, 2269334, 2247544.

Ультразвуковые аппараты для прессовой шовно-шаговой сварки

Полуволновые и двухполуволновые системы для выполнения протяженных швов длиной 150, 220, 360 мм



а) – эскиз полуволновой УЗК;

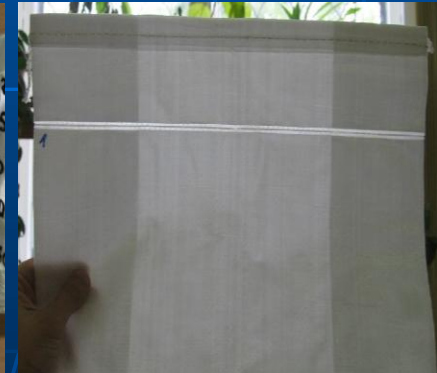
б) – двухполуволновая УЗК для выполнения швов 150 мм;

в) – двухполуволновая УЗК для выполнения швов 220 мм;

г) – двухполуволновая УЗК для выполнения швов 360 мм;

Ультразвуковые сварочные аппараты для выполнения протяженных швов

Изделия с протяженными швами 220 и 360 мм



Технические решения защищены пат. РФ 2276014 «Способ герметизации пластиковых пакетов при упаковке жидких и сыпучих продуктов» и пат. РФ 2322551 «Способ изготовления решетки с ячеистой структурой».

УЗ сварочные аппараты различной мощности

630 Вт



800 Вт



1000 Вт



3000 Вт



Ширина сварочной поверхности

50-100 мм

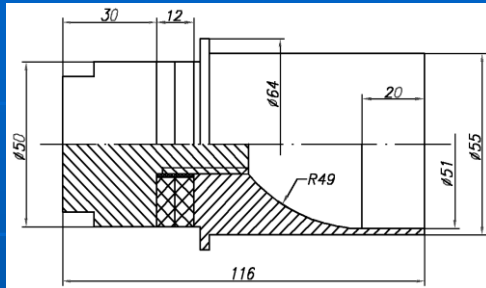
100-180 мм

180-220 мм

220-350 мм

Ультразвуковые аппараты для кольцевой сварки

Полуволновые, двухполуволновые и трехполуволновые УЗКС
для выполнения швов диаметром до 100 мм



а) – эскиз полуволновой УЗКС;

б) - полуволновая УЗКС для швов диаметром 50 мм (внешний вид);



в) - двухполуволновая УЗКС для швов диаметром 60 мм;



г) - трехполуволновая УЗКС для выполнения швов диаметром 100 мм;

Ультразвуковые сварочные аппараты для выполнения
кольцевых сварных швов

Изделия с кольцевыми сварными швами



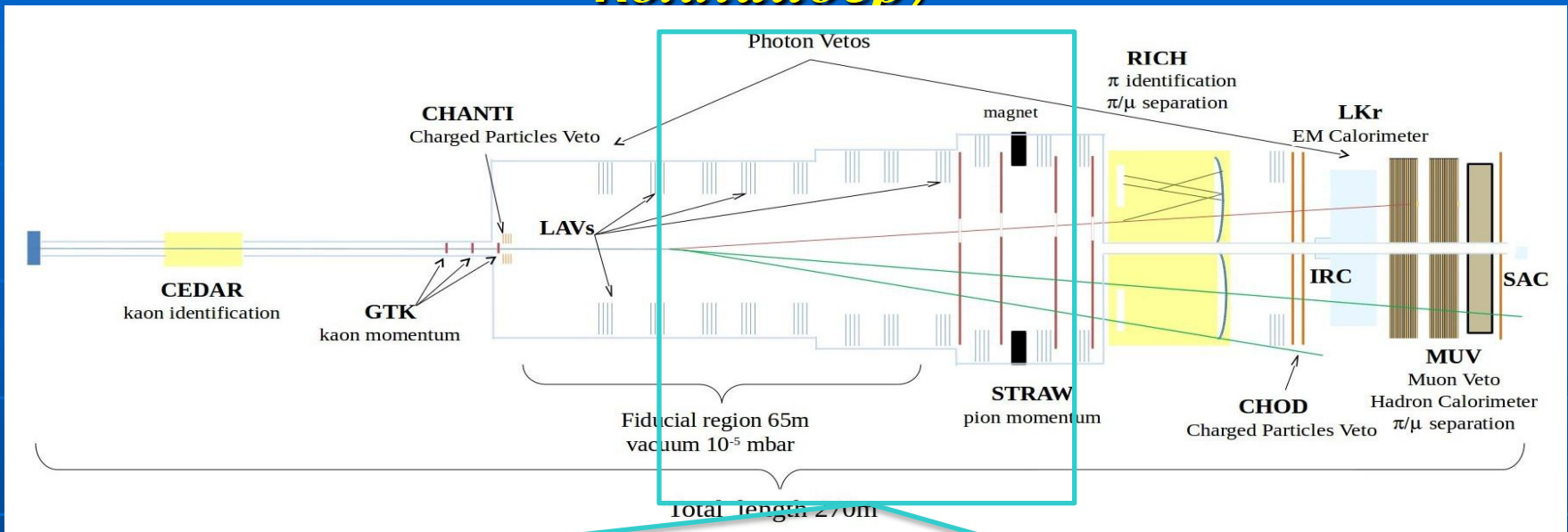
Технические решения защищены пат. РФ 2241599 «Способ герметизации картриджей для очистки воды»

Применение сварочных аппаратов

Трубки-детекторы (строу-детекторы)



Применение аппаратов для сварки (адронный коллайдер)



УЗ аппараты в автоматизированных линиях

Устройство конвейерного типа



Устройство карусельного типа



Устройство сварки по сложному контуру



Комбинация выбранных и разработанных устройств перемещения и сварки позволяет перекрыть широкий диапазон номенклатуры выпускаемых изделий из термопластичных материалов, а высокая степень автоматизации и легкая перенастройка оборудования позволяют повысить качество конечного продукта и снизить затраты на производство.

Аппарат для сварки изделий сферической формы



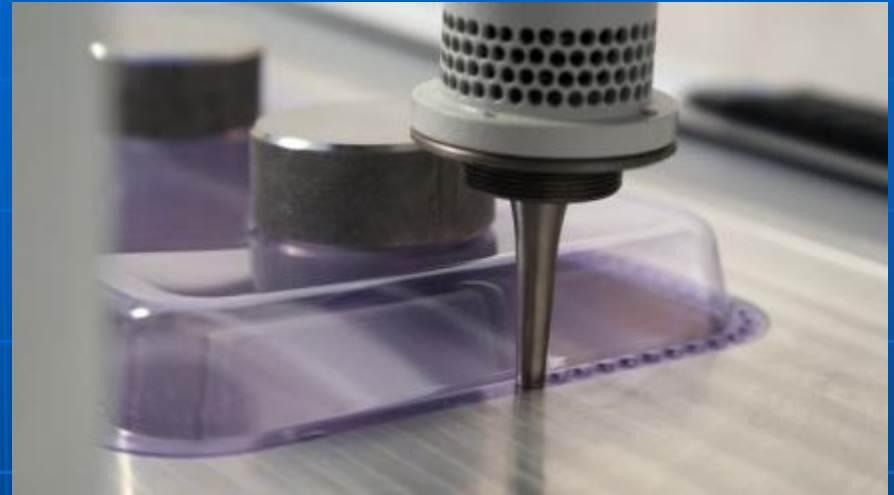
Система схватов изделий



Место установки изделий



Аппарат для автоматизированной сварки изделий по сложному контуру



УЗ аппараты для медицины

Получение
лекарственных
аэрозолей

Липосакция

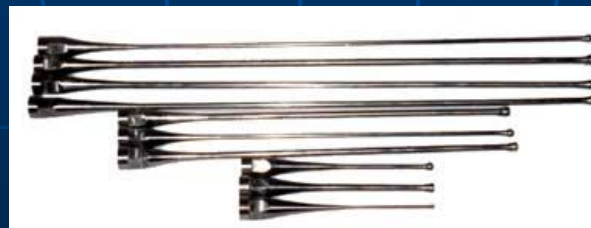
Герметизация
контейнеров
с препаратами крови

Аэрозоли, размер
частиц ~ 50 мкм при
частоте
ультразвукового
воздействия 20 кГц



$T < T_{\text{плавления}}$
Отсутствие газов
Сварка по загрязнению

- Скорость
- Качество
- Безопасность



Аппарат для ультразвуковой липосакции



Разработанные и запатентованные хирургические инструменты



13 рабочих инструментов



Патенты РФ
№2141386, 2239383.



Эффективность излучения₆₅
увеличена в 10 раз

Ультразвуковой массажер



Аппарат позволяет реализовать:

1. Процедуру внешней липосакции.
2. Деликатное лечебное и косметическое воздействие на любой тип кожи.
3. Повышение воздействия кремов и мазей за счет глубокого проникновения.
4. Локальный нагрев зоны массажа.
5. Нормализацию обменных процессов в клетках эпителия.

Ультразвуковой запаиватель



Полный герметизации, более	цикл	5
секунд, не более	не	
Масса ручного узла, без провода,	сварочного	300
грамм	грамм	
Масса аппарата, кг, не более		8
Мощность, Вт, менее		130
Диаметр трубок, мм	герметизируемых	4-8

При создании запаивателя использованы технические решения, защищенные патентами РФ №№ 67 2141386, 2171669, 2192375, 2269334.

Воздействие в газовых средах

Интенсификация процессов в газовых средах

Ультразвуковая сушка

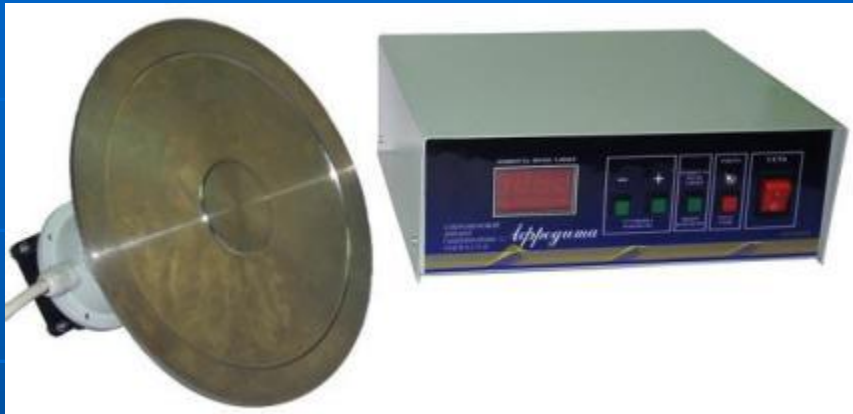
Акустическая
коагуляция

Абсорбция

Горение

- Сушка без нагрева материала
- Нижняя граница ускорения сушки 135-140дБ
- Нет существенной зависимости от частоты
- Сушка тонких слоев материала (2-3 см)

УЗ аппараты для газовых сред



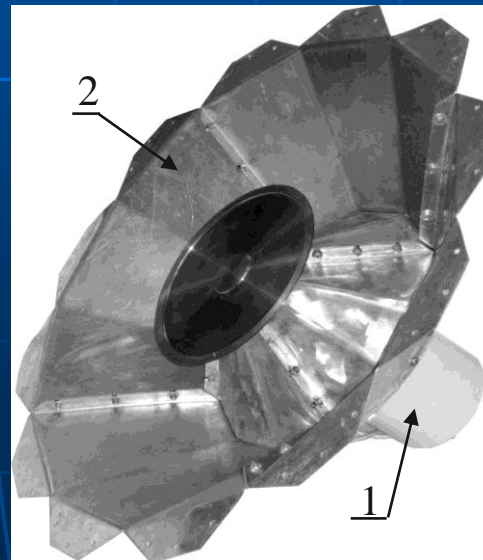
Излучатель в сборе с генератором



Излучатель с фазыравнивающими элементами



Многоэлементная УЗКС с фокусирующим излучателем

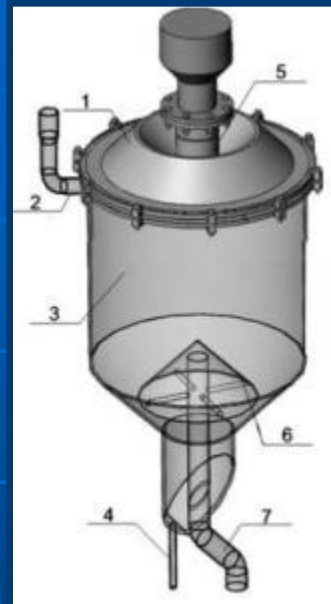
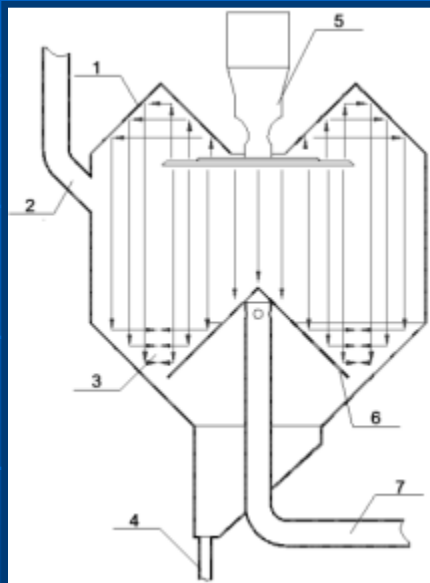


Ультразвуковой аппарат в сборе с отражателем

1 – ультразвуковая колебательная система;
2 – отражатель

УЗ очистка газов

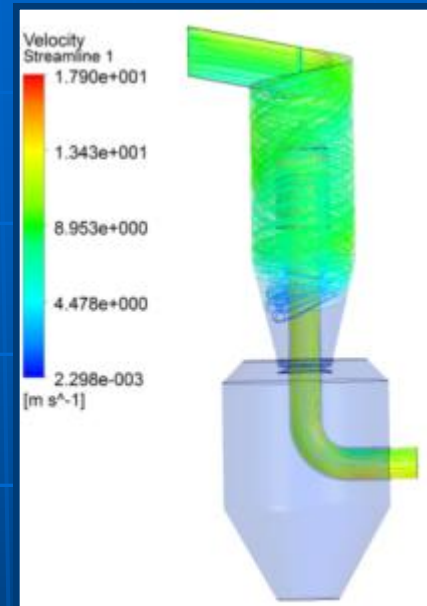
Эскиз коагуляционной камеры



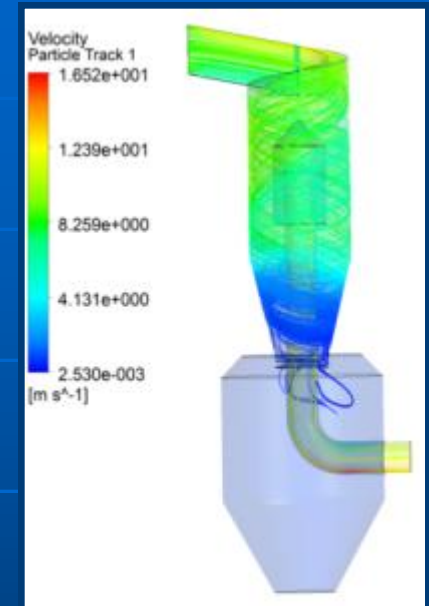
- 1 – верхний отрагатель; 2 – входной патрубок;
3 – корпус циклона; 4 – отвод к бункеру;
5 – электроакустический преобразователь; 6 – нижний отрагатель; 7 – выходной патрубок.

Все технические решения защищены патентами РФ №2421566, №2432235 патентами РФ на полезную модель № 102197, 131307, 132000 свидетельством на программу для ЭВМ №2010617783.

Траектории движения воздушных потоков



Траектории движения дисперсных частиц



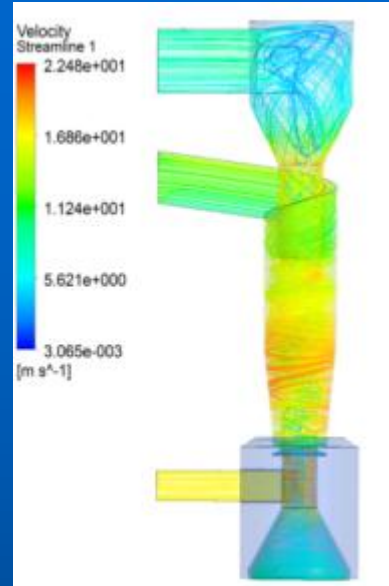
Диаметр дисперсных частиц 1 мкм

Разработанная конструкция оборудования позволяет за счет ультразвукового воздействия обеспечивать степень улавливания частиц размером от 1 до 5 мкм - 95%...99%.

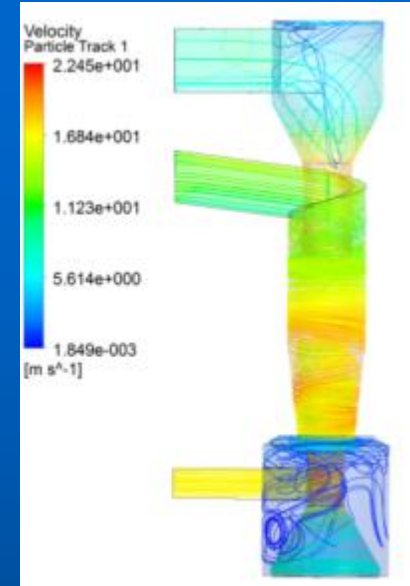
Улавливатели частиц микронного и субмикронного диапазона



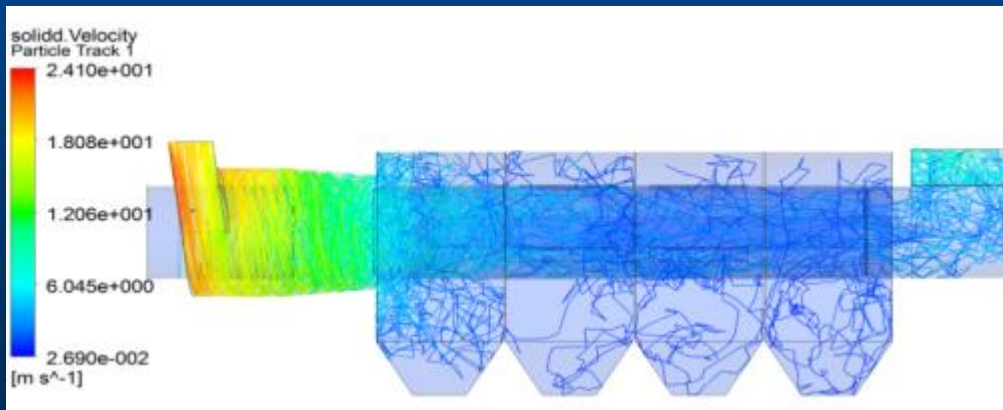
Модель коагулятора в сборе



Траектории движения воздушных потоков в коагуляционной камере



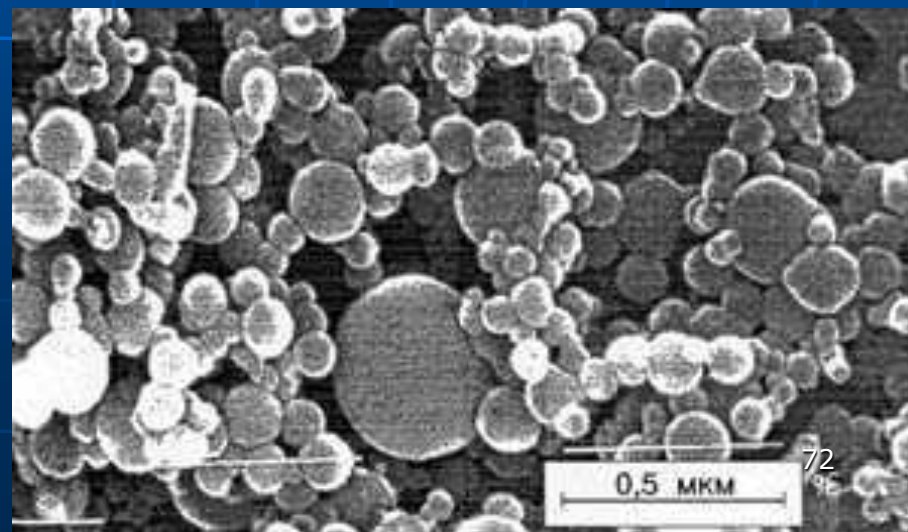
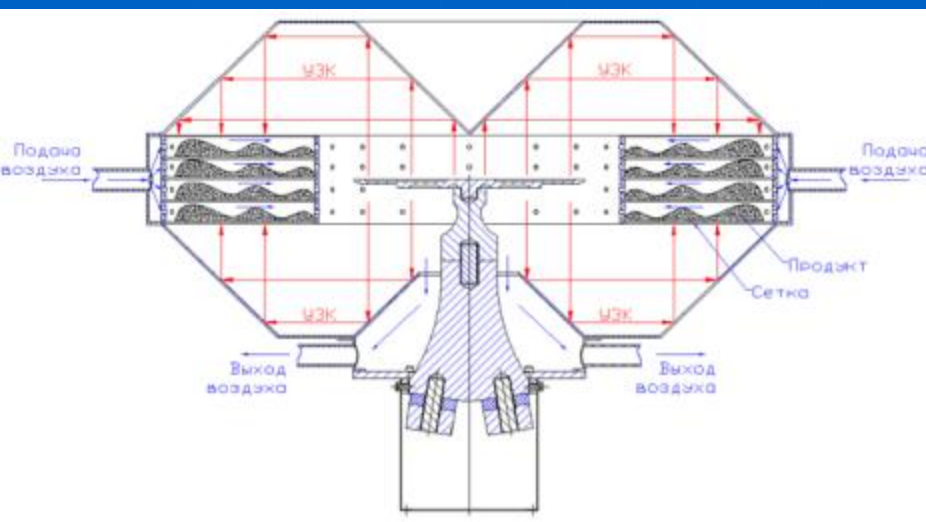
Траектории движения дисперсных частиц в коагуляционной камере



Траектории движения дисперсных частиц в предварительном агломераторе

Разработанная конструкция оборудования для улавливания субмикронных за счет ультразвукового воздействия обеспечивает степень улавливания частиц размером от 0,2 до 1 мкм - 90%...98%.

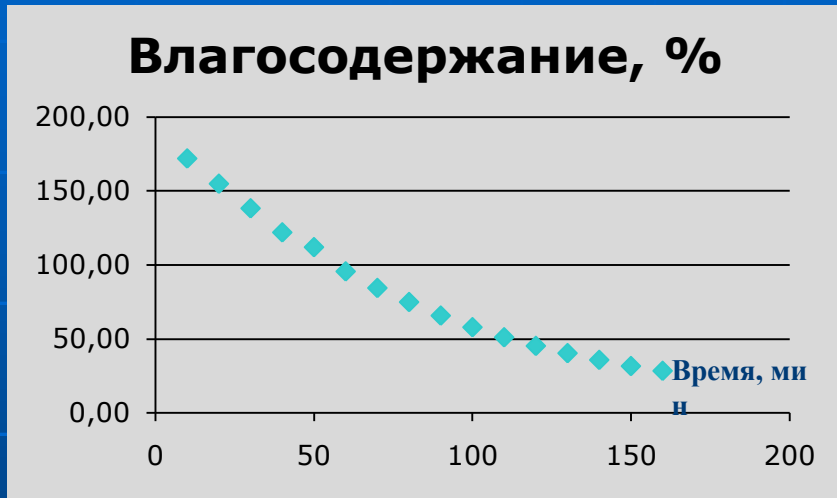
Ультразвуковые сушильные установки



УЗ сушка

Проведено большое количество экспериментов показавших высокую эффективность ультразвуковой сушки растительного сырья

Сушка желатина

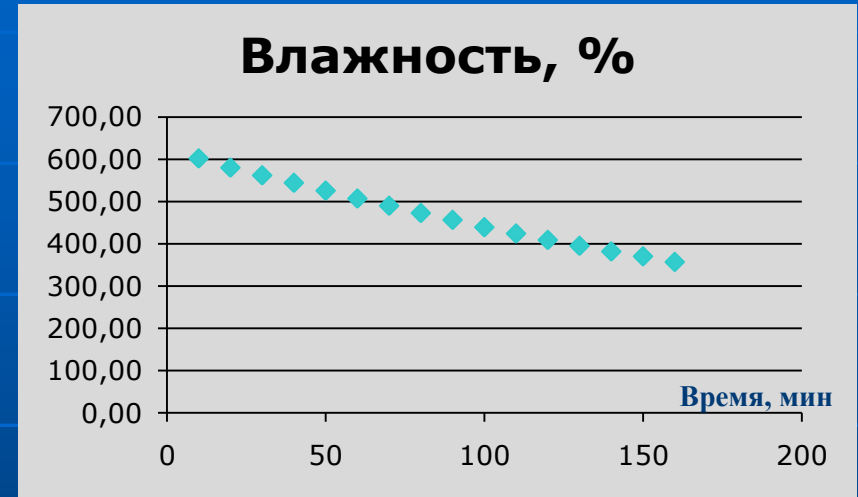


До



После

Сушка моркови



До

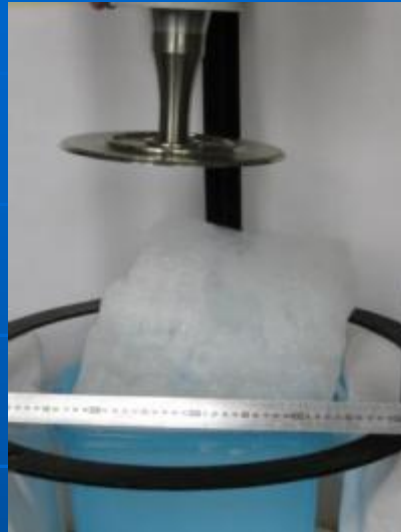


После

УЗ аппараты для разрушения пены



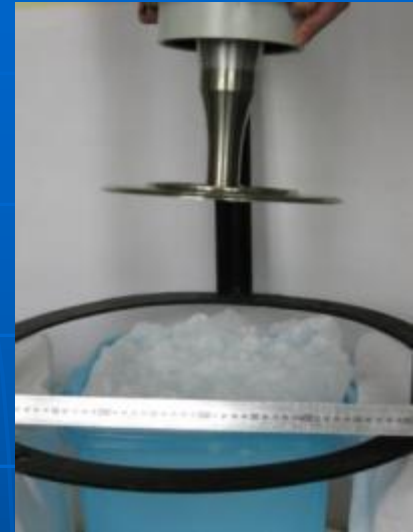
1 сек.



10 сек.



40 сек.



60 сек.

Эксперимент проводился при следующих параметрах дискового излучателя:
уровень звукового давления – 140 дБ; частота генерируемых звуковых колебаний
– 20,5 кГц, время ультразвукового воздействия 60 сек.



УЗ аппараты для домашних условий

Экстракция и перемешивание

- Увеличение скорости экстракции в 100-10000 раз.
- Получение стойких эмульсий типа «Вода-масло».
- Увеличение скорости растворения в сотни раз.



Резка продуктов

Получение минимальных порций пищевых продуктов (тесто, сыры, кексы, колбасы) без образования отходов (крошки).



Обработка молока

- Стерилизация молока.
- Снижение обсемененности
- Повышение питательной ценности молока.
- Уменьшение размера жировых шариков.



Приготовление пищи

1. Получение, кетчупо в, соусов, шоколада.
2. Обработка мяса
3. Обработка дрожжей.
4. Засолка, копчение.

