

Центр ультразвуковых технологий

**Особенности
ультразвуковых аппаратов
различного назначения**

Хмелёв Владимир Николаевич



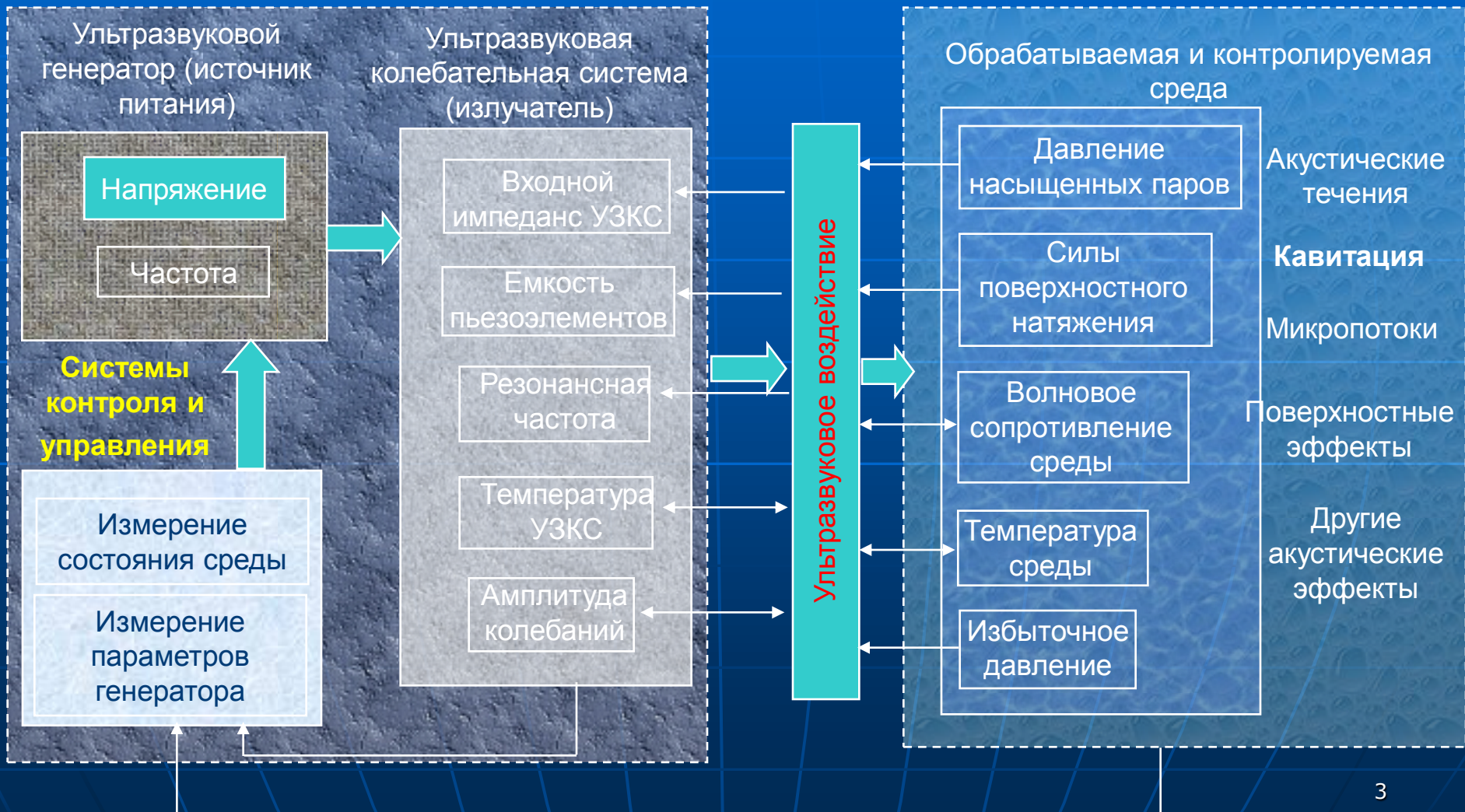
Доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ, Senior Member IEEE. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, автор более 900 научных публикаций (в т.ч. более 100 патентов, более 20 монографий и учебников) Зам. директора по научной работе Бийского технологического института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

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

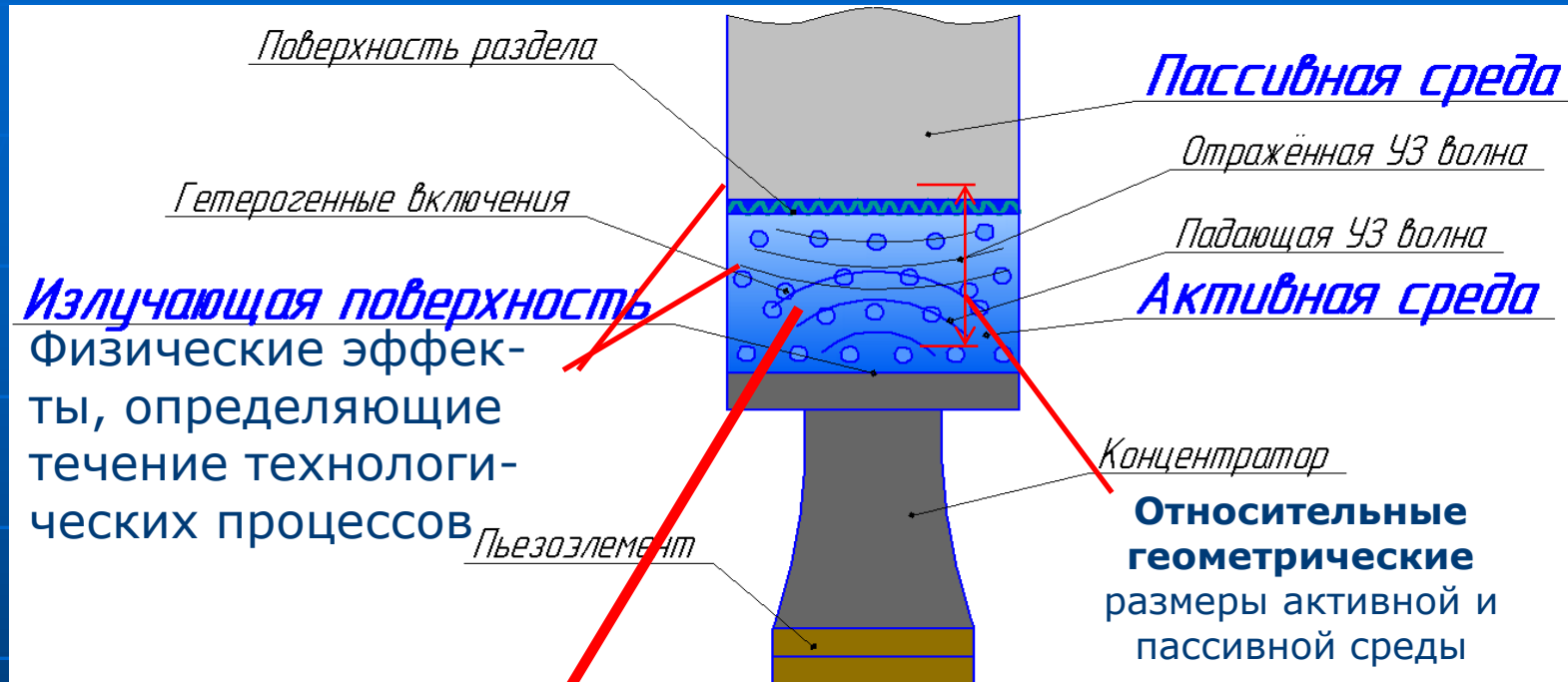
Реализация ультразвукового воздействия

Ультразвуковой технологический аппарат

Технологический процесс



Общая схема работы УЗ аппарата



Частота и интенсивность УЗ излучения

$$R = F(f, A, P_1, P_2, L)$$

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.

Воздействие на среды с жидкой фазой

Интенсификация процессов и получение новых материалов в средах с жидкой фазой

Физико-механические процессы

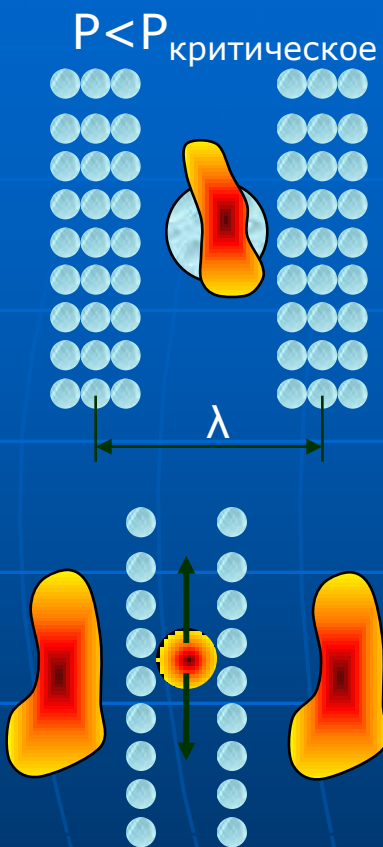
1. Экстракция растительного сырья
 - В 100...10000 раз быстрее
 - Увеличение выхода
 - Стерилизация
2. Разделение многокомпонентных систем
3. Деэмульгирование
4. Коагуляция гидрозолей
5. Дегазация
6. Кристаллизация
7. Предотвращение кристаллизации

Химические реакции

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

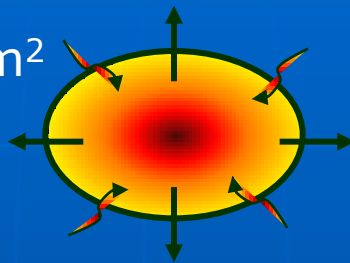
Cavitation

Initiation

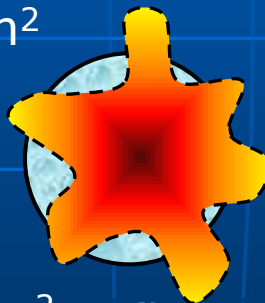
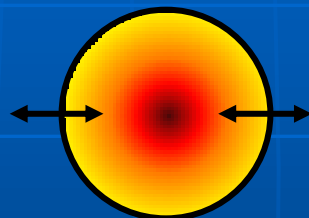


Stages of progress

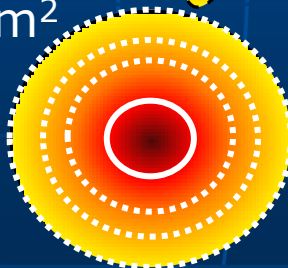
$I \sim 1 \text{ W/cm}^2$



$I > 1,5 \text{ W/cm}^2$



$I > 2,5 \text{ W/cm}^2$

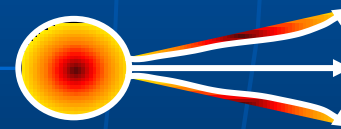
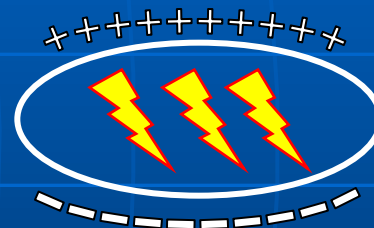


Active forces

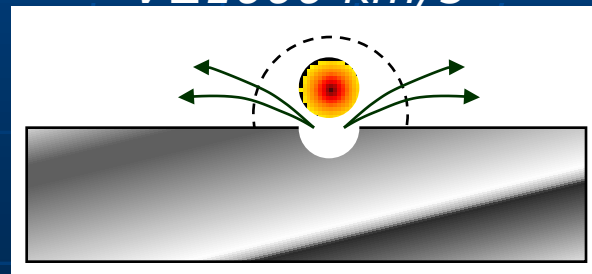
$P \geq 500 \text{ MPa}$

$T \geq 10\,000 \text{ K}$

$U > 1\,000\,000 \text{ V}$

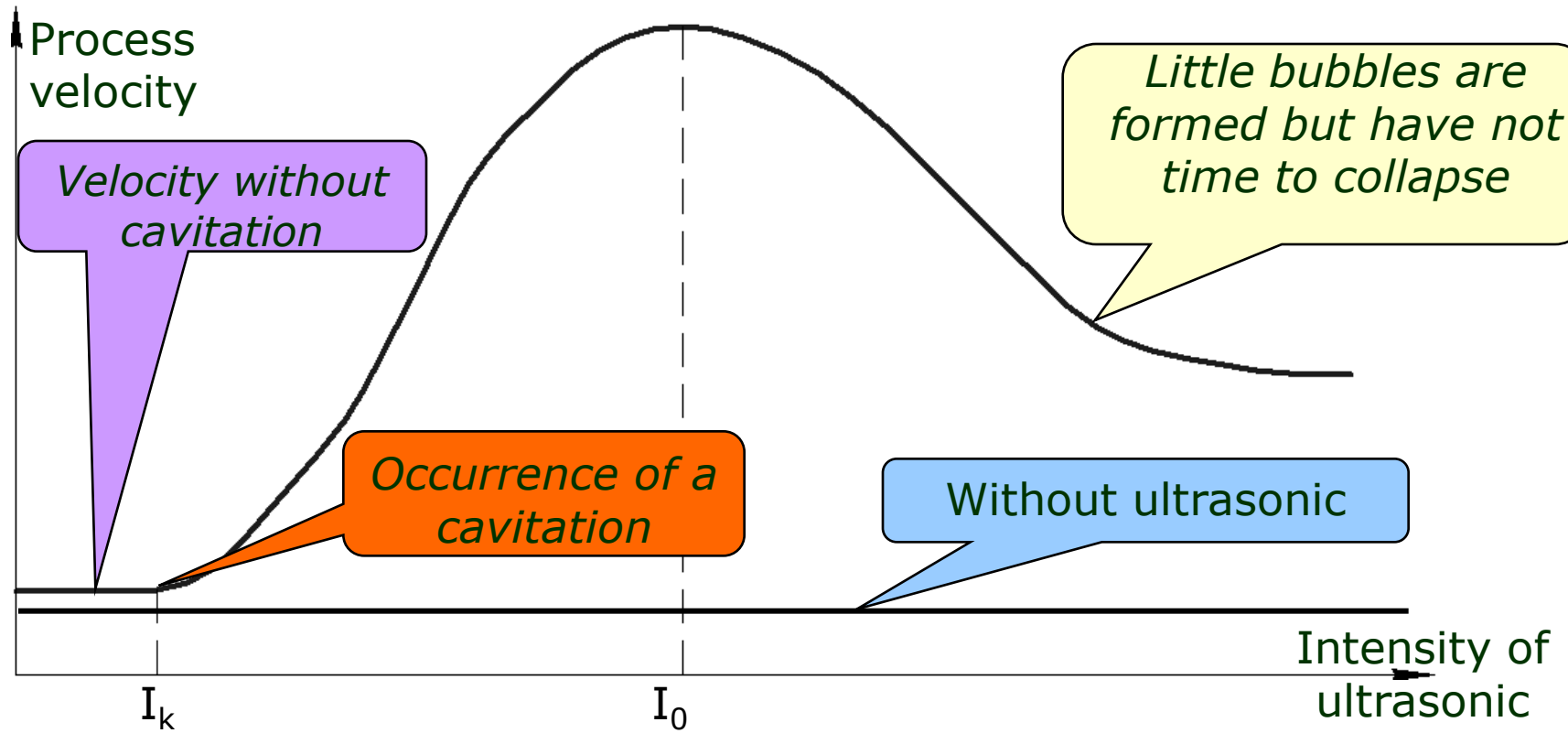


$V \geq 1000 \text{ km/s}$



Conditions for thermonuclear reactions realization are provided

Dependence of processes velocity from cavitation parameters



$I_k = 1 \text{ W/cm}^2$ - Water

$I_k = 4 \text{ W/cm}^2$ - Oil

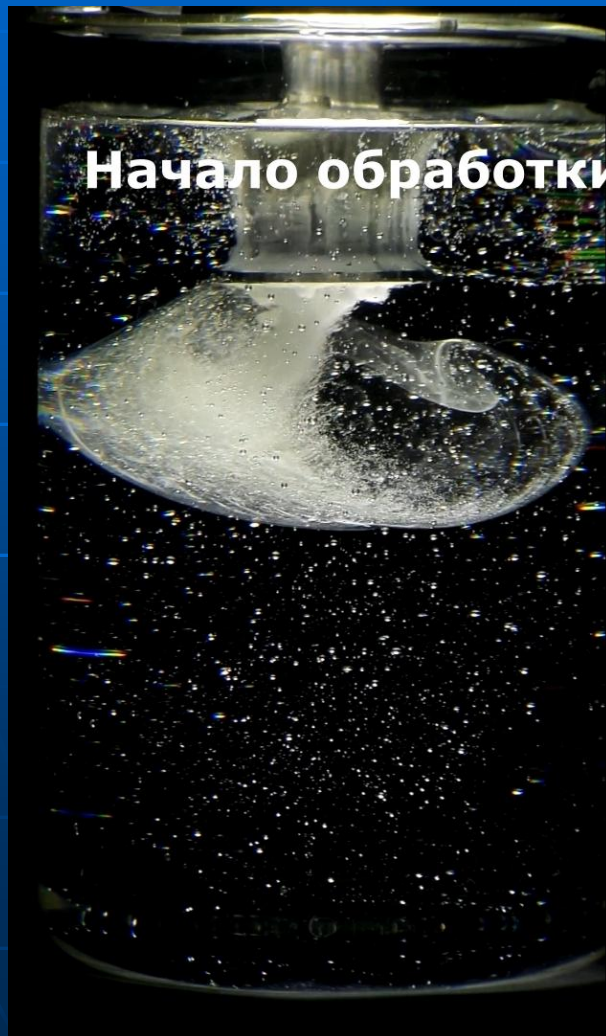
$I_k \sim f(\omega)$

$I_0 = f(P, \rho c, \eta)$

Process velocity

= Generation rate of radicals

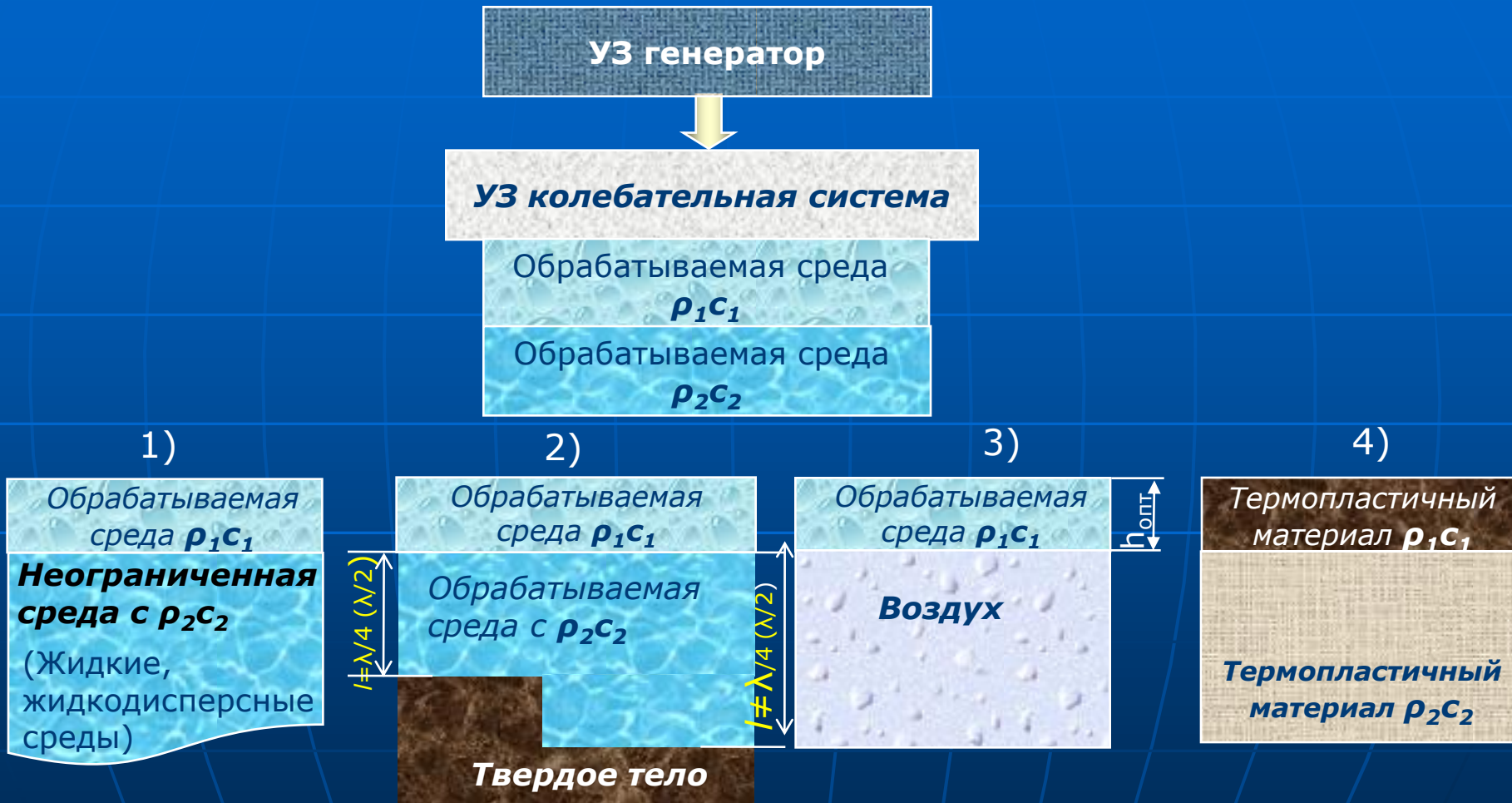
Кавитационный процесс в вязкой среде



Работа УЗ аппарата в НЕНЬТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЯХ



Особенности ультразвукового воздействия



Отсутствие критериев оптимальности ультразвукового воздействия из-за невозможности непрерывного контроля состояния обрабатываемых сред

Кавитационные зоны воздействия

Волна-М УЗТА-1/22-ОМ

вода

растительное

масло

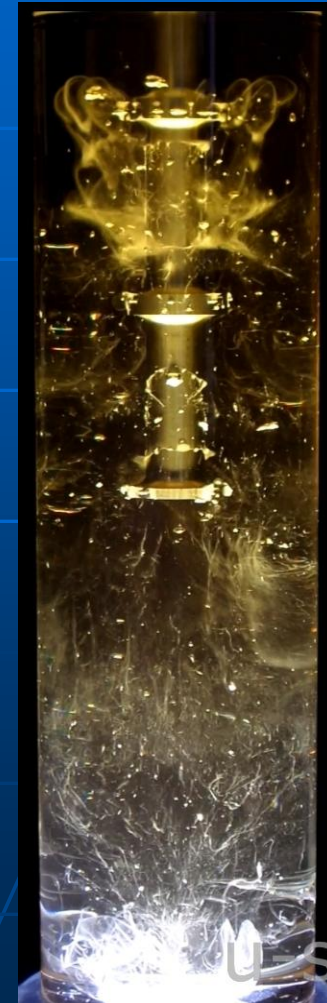
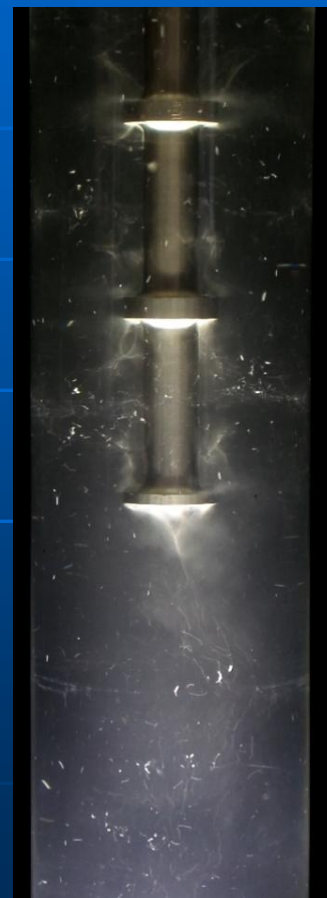


Булава УЗТА-2/18-О

вода

растительное

масло

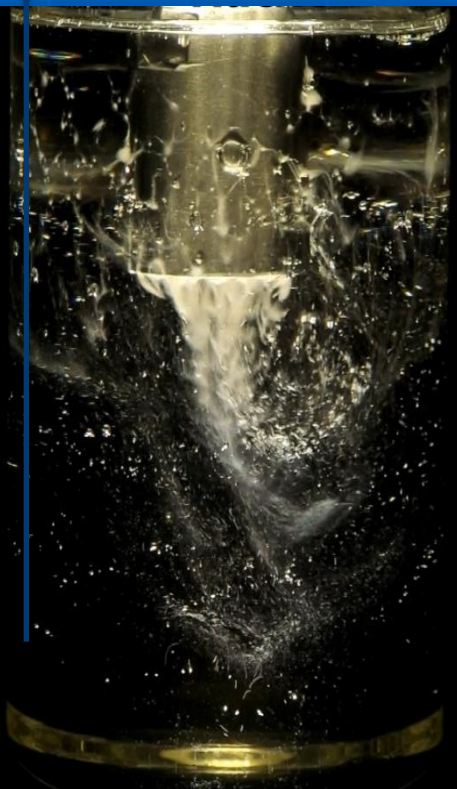


Кавитационная зона (ЛУК-0,125/50-0)

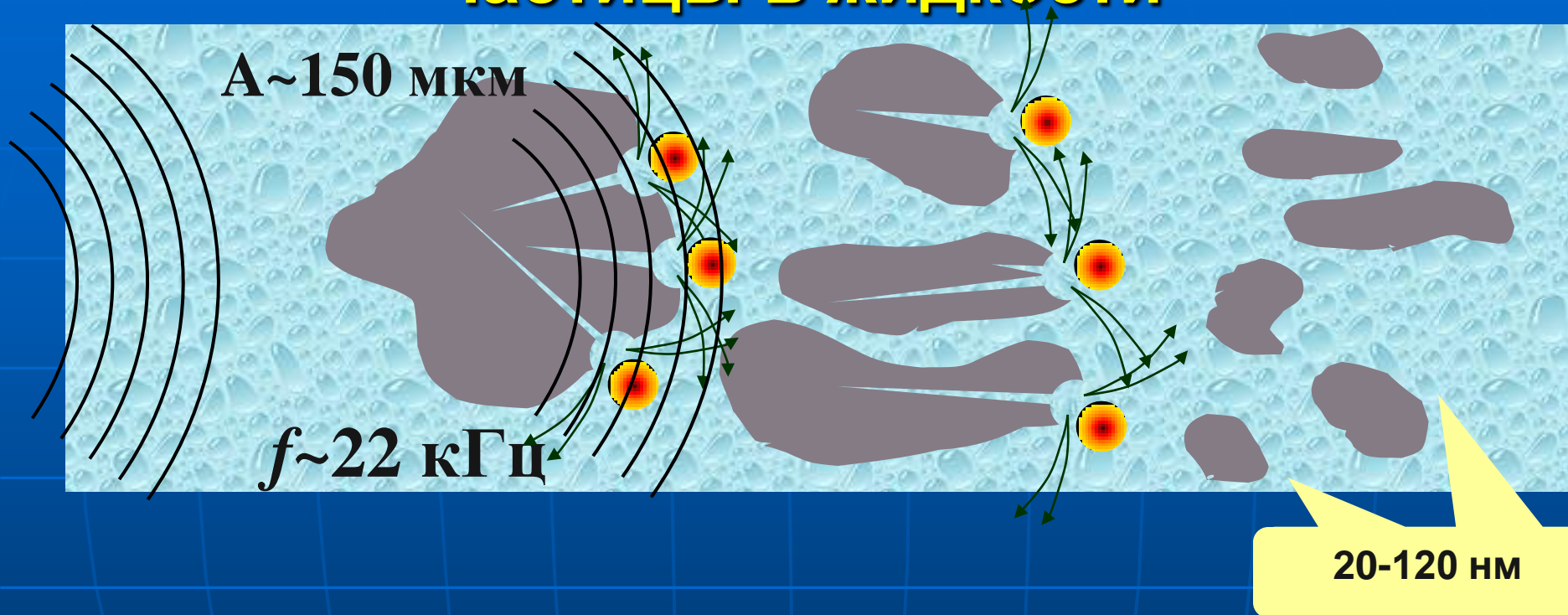
Выходная мощность
100% 80% 60% 40%

Вода

Растительное
масло

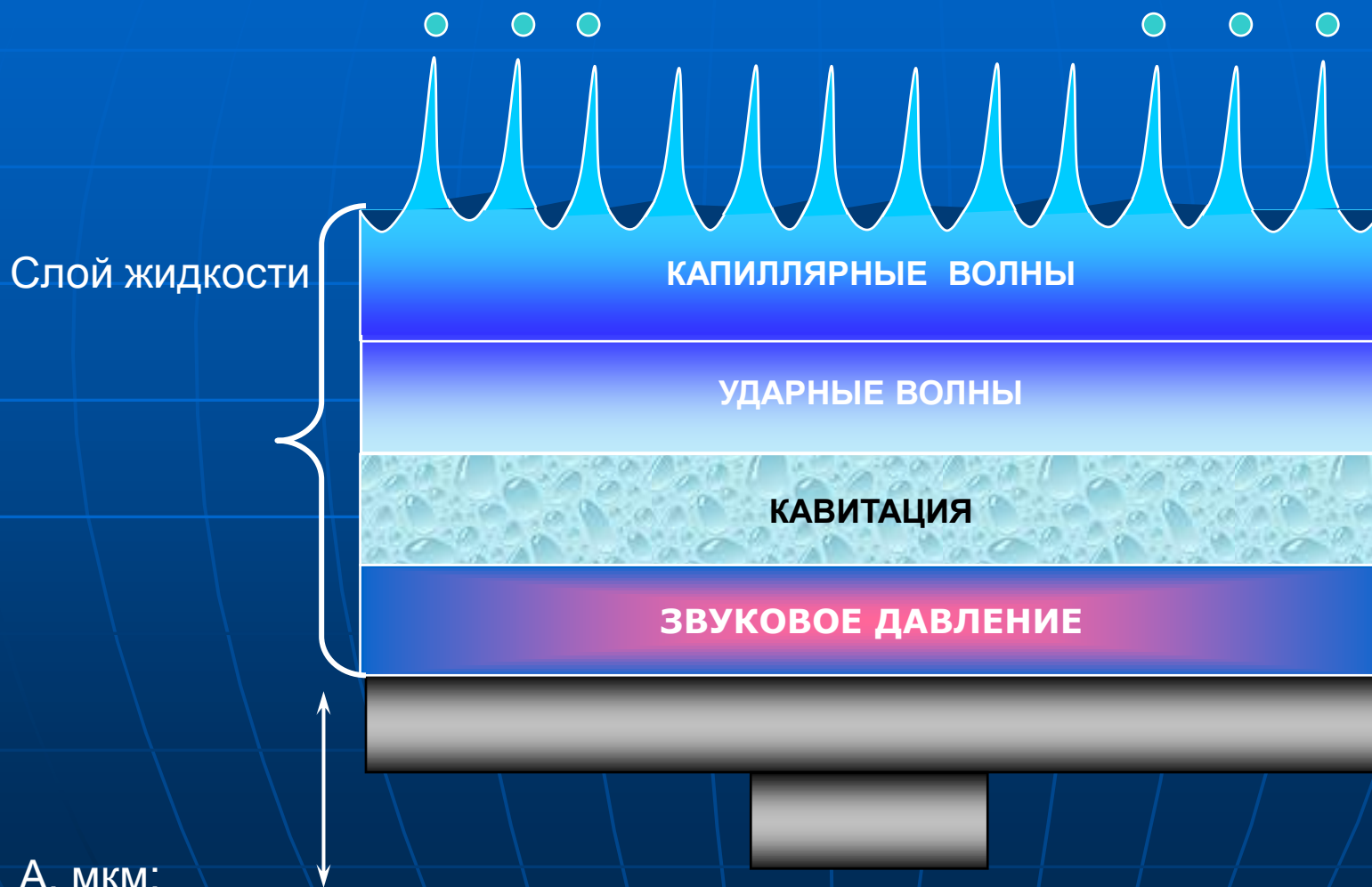


Кавитационное воздействие на твердые частицы в жидкости



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

Кавитационный процесс в тонком слое



A , мкм;
 f , кГц

Формирование кавитационного процесса



Последовательность действий

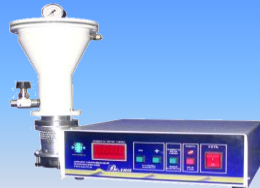
Этап 1



120 W



200 W



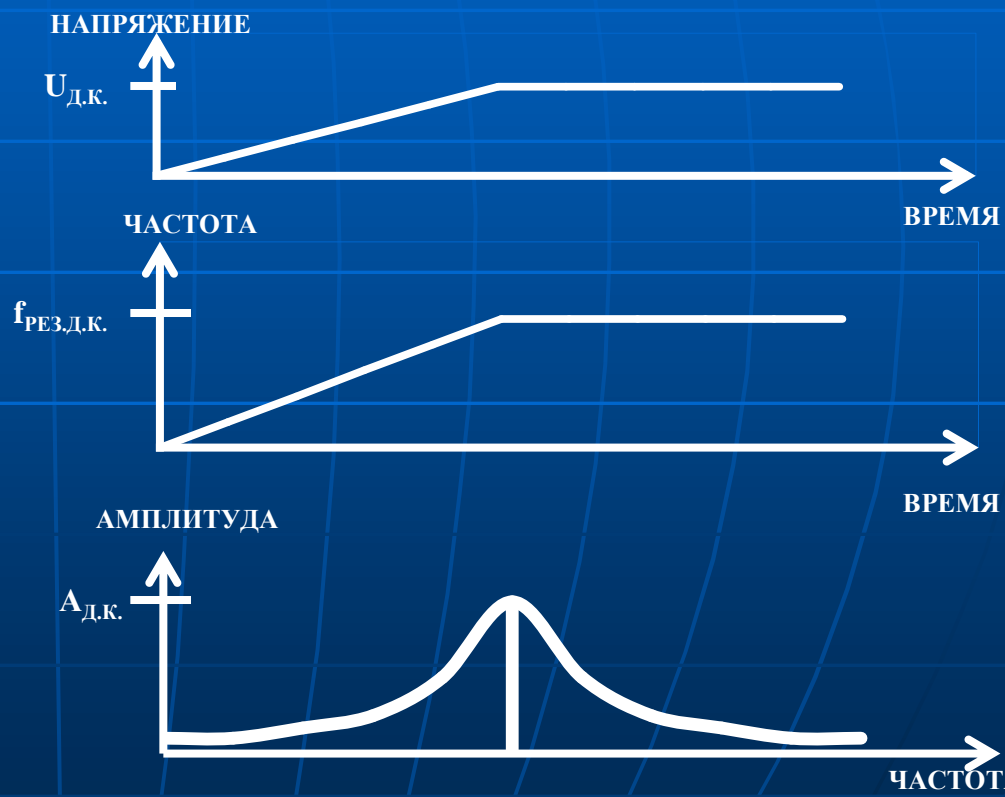
400 W



1000 W



3000 W



Последовательность действий

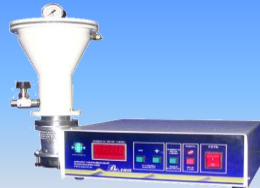
Этап 2



120 W



200 W



400 W



1000 W



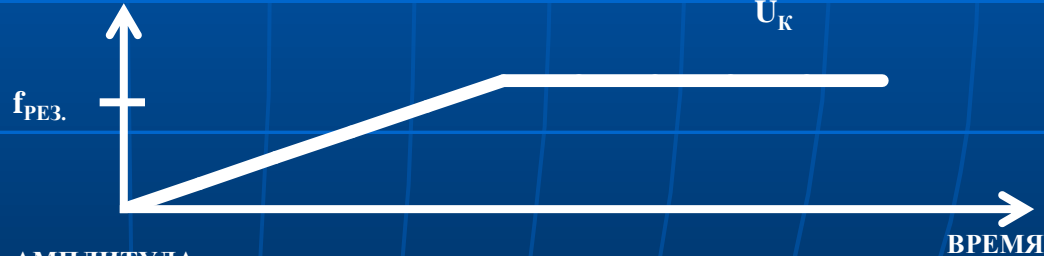
3000 W



НАПРЯЖЕНИЕ



ЧАСТОТА



АМПЛИТУДА



Последовательность действий

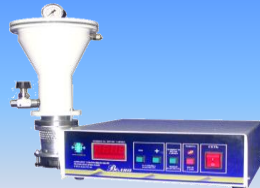
Этап 3



120 W



200 W



400 W



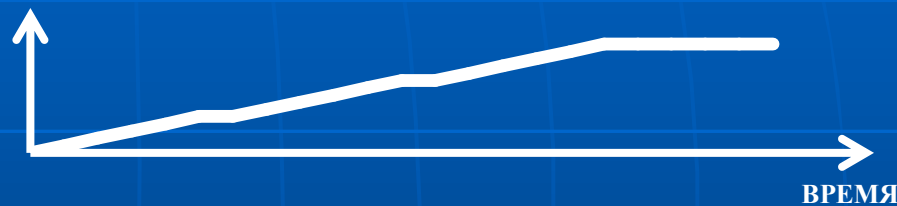
1000 W



3000 W



НАПРЯЖЕНИЕ

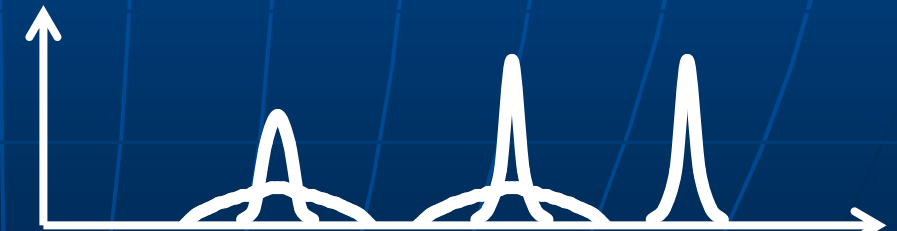


ЧАСТОТА

$f_{\text{РЕЗ.ГАЗ.}}$

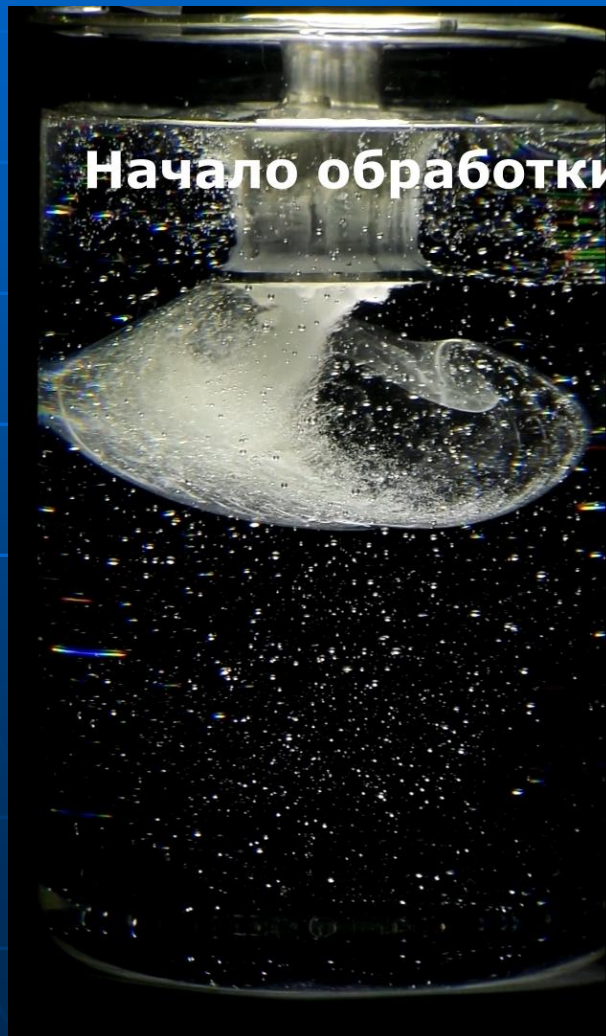


ЧАСТОТА



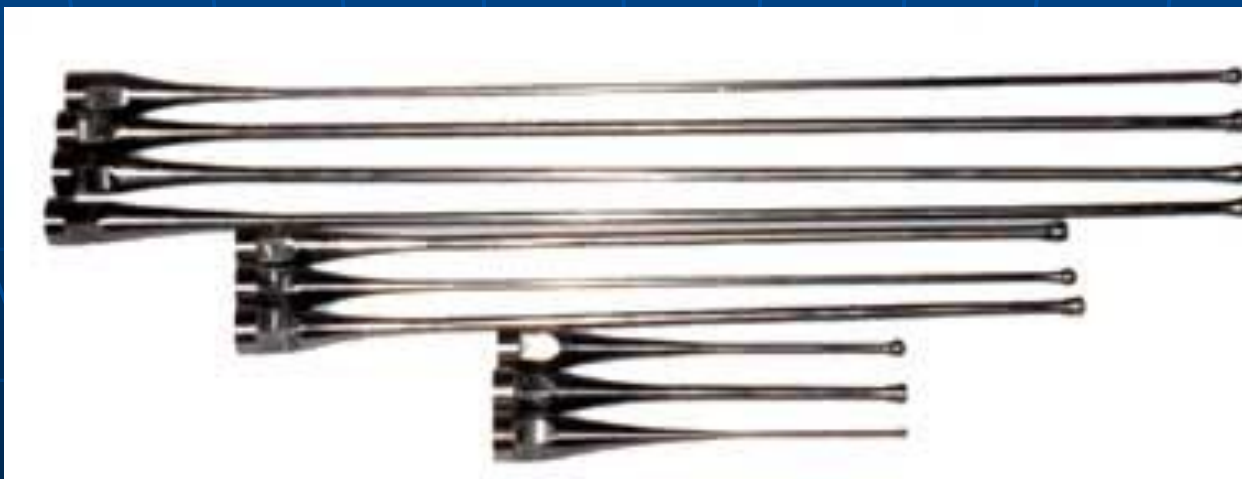
ВРЕМЯ

Кавитационный процесс в вязкой среде



УЗ воздействие на человека

Липосакция (удаление подкожного жира)



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)

Излучатели для газовых сред



Многоэлементная УЗКС с фокусирующим излучателем

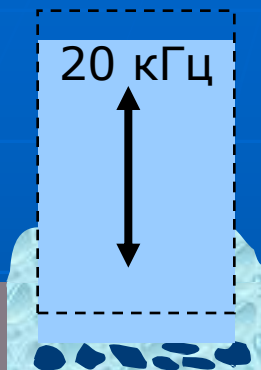


Излучатель с фазыравнивающими элементами



Излучатель с преимуществом излучения одной фазы

Воздействие на твердые материалы (размерная обработка хрупких материалов)



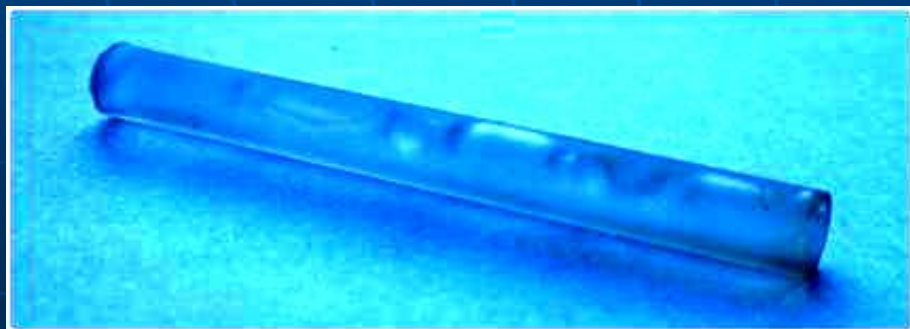
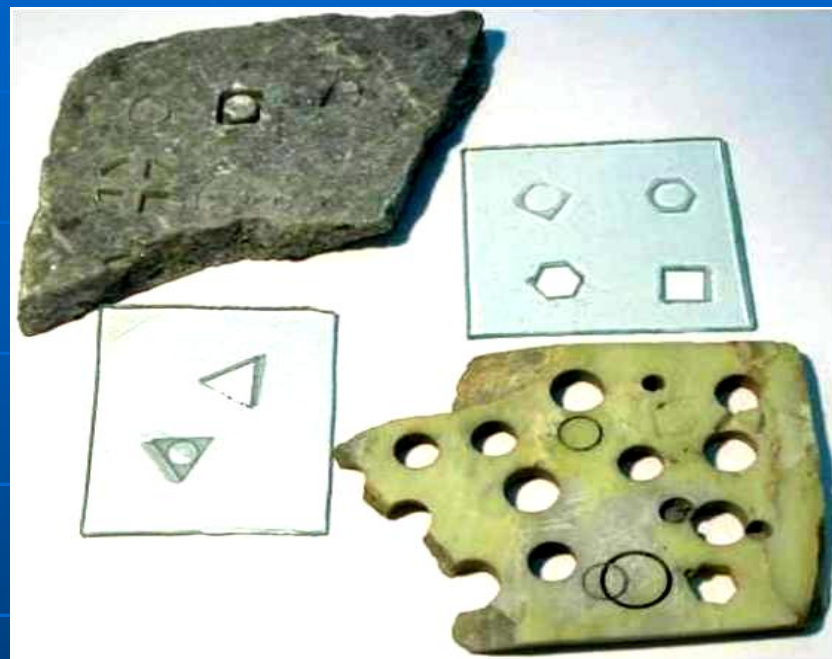
1. Ударное
воздействие
абразивных частиц

2. Циркуляция и смена
абразива за счет
кавитации

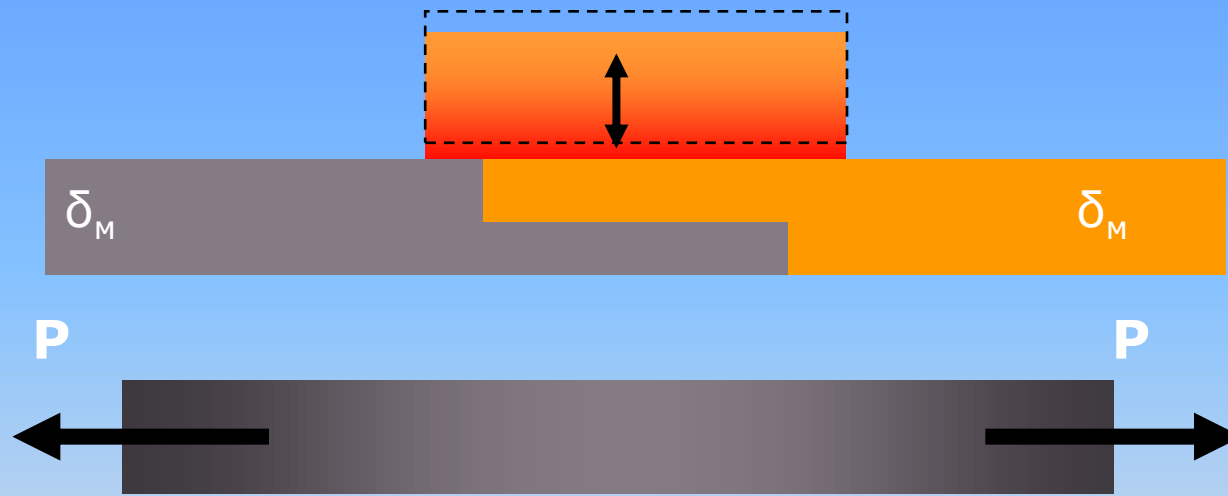
Результаты

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

УЗ обработка хрупких материалов



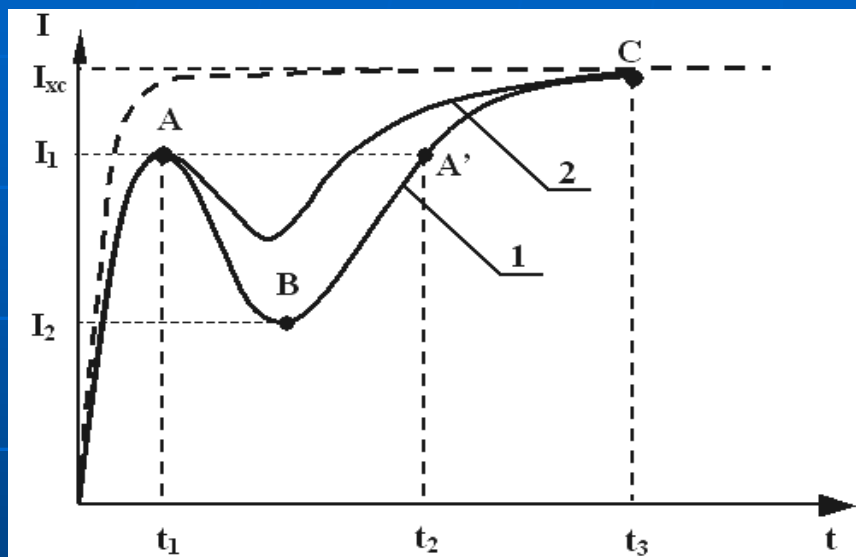
Сварка полимерных материалов



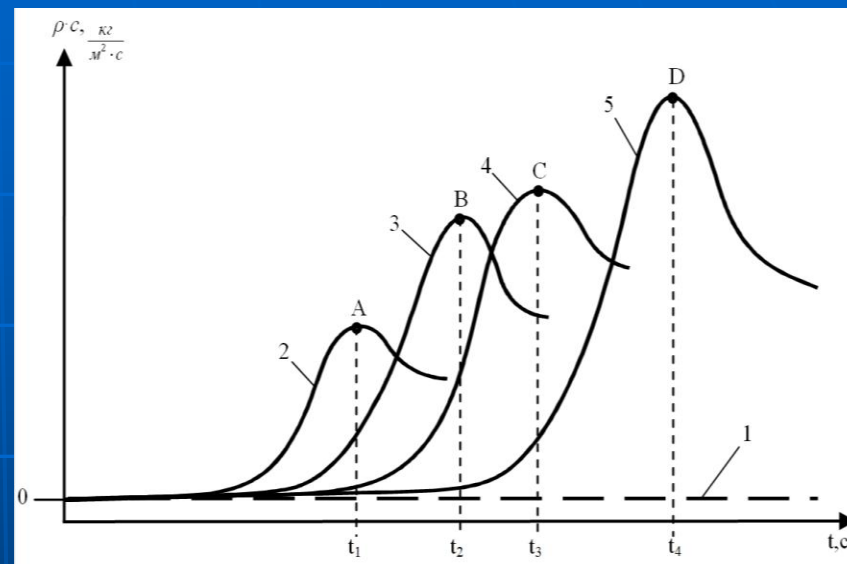
$$\delta_{\text{шва}} > 70\% \delta_{\text{материала}}$$

Любые термопластичные материалы

Особенности обеспечения УЗ воздействия при сварке



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