

## УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**Клубович В.В., Рубаник В.В.**

*Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь  
[ita@vitebsk.by](mailto:ita@vitebsk.by)*

Ультразвуковые технологии, основанные на использовании энергии ультразвуковых колебаний (УЗК), занимают важное место среди высоких технологий, так как позволяют интенсифицировать, усовершенствовать многие технологические процессы, при этом ультразвуковое оборудование характеризуется небольшими массогабаритными показателями, малым энергопотреблением и достаточно высоким КПД. В настоящее время невозможно представить какую-либо отрасль народного хозяйства, медицины, науки, где не использовался бы ультразвук: от ультразвуковой дефектоскопии до энергетического воздействия на различные физико-механические, химические и иные процессы. Необходимо отметить, что значительный вклад в развитие ультразвуковых технологий и фундаментальных основ ультразвука, несомненно, внесли белорусские ученые.

Результаты фундаментальных исследований по физической акустике изложены в монографии Ф.И. Федорова. «Теория упругости волн в кристаллах» (1965), за которую ему присуждена Государственная премия БССР (1972) послужили основой для успешных исследований по акустике.



Ф.И. Федоров



Е.Г. Коновалов

Под руководством академика Е.Г. Коновалова созданы методики и аппаратура для исследований прочности материалов в ультразвуковом поле при испытаниях на растяжение, кручение, ползучесть и ударную вязкость. Им же открыто явление интенсификации движения жидкости по капилляру при воздействии на стенки последнего ультразвуковых колебаний.

Под руководством академика В.П. Северденко исследовано влияние ультразвуковых колебаний на характер пластической деформации. За разработку научных основ использования мощного ультразвука в механических процессах обработки материалов ему вместе с Клубовичем В.В. и Степаненко А.В. была присуждена Государственная премия БССР (1984).

Под руководством академика Клубовича В.В. и академика Степаненко А.В. проведены фундаментальные исследования влияния ультразвука на физико-механические свойства металлов и сплавов. Разработаны и внедрены технологические процессы обработки и гидропрессования металлов, непрерывного формования металлических порошков и гранул с ультразвуком. Созданы научные основы использования ультразвука для управления процессом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.



В.П. Северденко



П.П. Прохоренко

Под руководством Г.Е. Коновалова, а затем академика П.П. Прохоренко разработана физическая модель и изучены свойства магнитных жидкостей которые послужили основой для создания магнитожидкостных электроакустических преобразователей для ультразвуковой дефектоскопии, акустических линз, оптоэлектронных магнитожидкостных систем, фундаментальным исследованиям по кавитационным явлениям.

Естественно, со временем усовершенствовалось ультразвуковое оборудование. На смену аналоговой пришла цифровая схемотехника. Пьезоэлектрические преобразователи практически вытеснили магнитострикционные.



В.В. Клубович



А.В. Степаненко

Появились новые научные и технологические направления: nanoиндустрия, «Smart» материалы и др. Ультразвуковые технологии в настоящее время находят широкое применение в Республике Беларусь на промышленных предприятиях, учреждениях здравоохранения, научных исследованиях.

В БГУИР помимо фундаментальных исследований по физике мощного ультразвука, включая такие явления, как кавитация, ультразвуковой капиллярный эффект, звуколюминесценция, в том числе в суспензиях наночастиц, и при получении наноструктур ведутся и прикладные исследования по разработке методов измерений в мощных ультразвуковых полях, методов контроля и управления режимами ультразвуковых технологических процессов в жидкостях (рис.1).



Кавитометр



Звуколюминесцентная установка



Ультразвуковой диспергатор



Ультразвуковой генератор

Рисунок 1 – Разработки БГУИР (<https://www.bsuir.by>)

В БНТУ разработаны ультразвуковые станки для производства распиловочных дисков, ведутся работы по использованию высокочастотных колебаний в технике и медицине, в частности разработан ультразвуковой стоматологический аппарат и технология для пломбирования каналов зуба. Совместно с РНПЦ "Кардиология" разработан новый метод и установка для ультразвукового разрушения тромбов с использованием гибких волноводных систем (рис.2).



Ультразвуковой станок  
СУН 3435



Станок ультразвуковой для производства  
распиловочных дисков



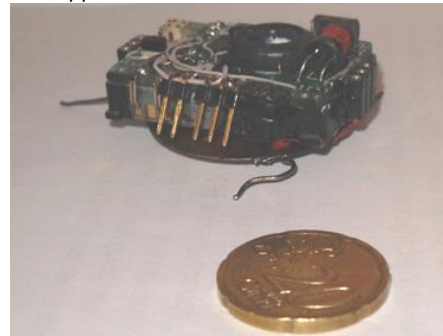
Генератор ультразвуковой с акустической системой



Установка в операционном блоке



Акустическая система с гибкой волноводной системой



Ультразвуковые микроприводы, работающие в режиме управляемого резонанса с управляемой геометрией приводных элементов микроробота на основе сплава с эффектом памяти формы

Рисунок 2 – Разработки БНТУ ([www.bntu.by](http://www.bntu.by))

ОАО «ПЛАНАР» разрабатывает и производит оборудование для формирования микросварных соединений методами ультразвуковой и термозвуковой сварки (рис.3).



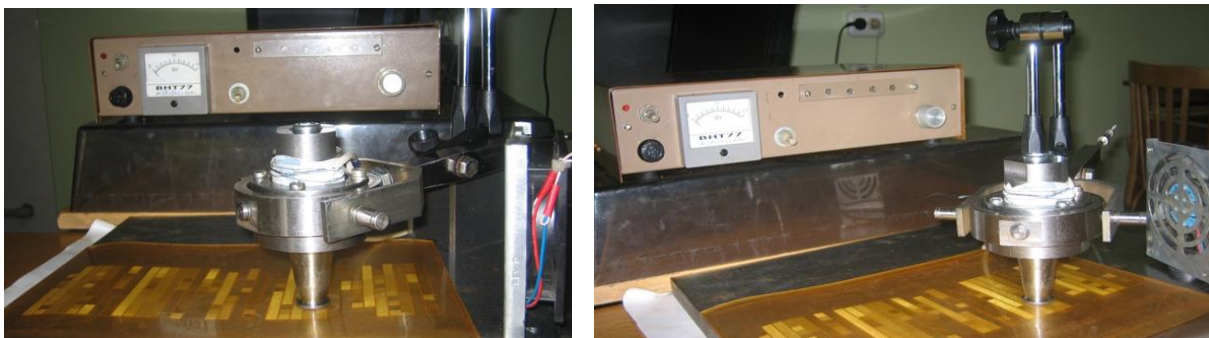
Установка ультразвуковой сварки ЭМ-4450



Установка ультразвуковой сварки ЭМ-4020ПМ

Рисунок 3 – Разработки ОАО «ПЛАНАР» ([www.planar.by](http://www.planar.by))

В Белорусском государственном технологическом университете разработаны технология и оборудование для повышения эксплуатационных свойств флексографских фотополимерных печатных форм путем локального избирательного ультразвукового воздействия (рис.4).



Ультразвуковая установка для обработки флексографских фотополимерных печатных форм

Рисунок 4 – Разработки БГТУ (<https://www.belstu.by>)

В Объединенном институте машиностроения Национальной академии наук Беларуси разработано оборудование и технология гиперзвукового нанесения покрытий с использованием ультразвуковых колебаний (рис.5).



Рисунок 5 - Термораспылитель установки ТЕРКО-2

В 2015 году на базе ИТА НАН Беларуси создан Республиканский центр ультразвуковых технологий, цель которого разработка новых высокоэффективных процессов и устройств обработки материалов, создание новых функциональных материалов для повышения качества производимой продукции, снижения себестоимости и повышения уровня безопасности производств с использованием мощного ультразвука. В институте ведутся работы по исследованию ультразвуковых процессов, разработке и созданию технологии и оборудования на протяжении более двадцати лет. Разработано и производится технологическое ультразвуковое оборудование промышленного и медицинского назначения мощностью от 50 до 2500 Вт, работающее на частоте 20,35 и 40 кГц. Оборудование является многофункциональным, что позволяет наряду со сваркой изделий из жестких термопластичных полимеров производить на нем сварку тканых и нетканых полотен, содержащих не менее 60% термопластичных волокон, ультразвуковые резку и тиснение. Разработанные технологии и оборудование внедрены на ряде предприятий Российской Федерации и Республики Беларусь (рисунок 6).



Установка для сварки светотехнических изделий автомобильной техники



Переносной аппарат для ультразвуковой сварки термопластичных материалов



Аппарат для сварки магистралей систем переливания крови



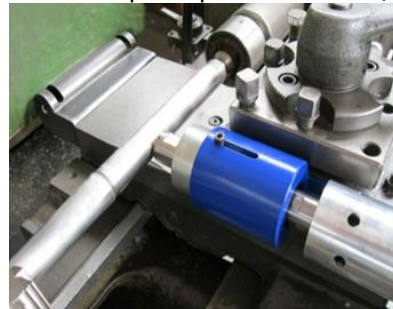
Оборудование для сварки рабочих колес погружных насосов



Установки ультразвуковой сварки картриджей для фильтров очистки воды



Ультразвуковая система для резки полотна различных полимеров



Ультразвуковая установка поверхностного упрочнения

Рисунок 6 – Разработки ИТА НАН Беларуси ([www.itanas.by](http://www.itanas.by))

Учеными института проведены фундаментальные исследования по влиянию ультразвуковой обработке (УЗО) на наноструктурированные материалы на примере никеля, подвергнутого ровноканальному прессованию. Показано, что УЗО приводит к уменьшению размера зерна и увеличению внутренних напряжений в продольном сечении образцов, увеличению плотности дислокаций, а также к изменениям в их текстуре. В результате при неизменившемся пределе прочности удлинение до разрушения увеличивается на 8-9%, что более чем на четверть выше удлинения в исходном деформированном состоянии.

Приоритетные научные результаты получены в области термоупругих мартенситных фазовых превращений. Впервые обнаружено увеличение напряжения течения  $TiNi$  при ультразвуковом воздействии в интервале температур обратного мартенситного превращения при активной изотермической деформации («аномальный» эффект Блага-Лангенекера) и показано, что за счет энергии ультразвуковых колебаний возможно инициировать не только эффект памяти формы (ЭПФ), но и генерацию реактивных напряжений, обратимую память формы и другие эффекты мартенситной неупругости. Более того, с помощью УЗК впервые удалось задавать необходимую форму сплавам ЭПФ. Эти разработки в области физического металловедения были отмечены Почетной медалью имени академика Г.В. Курдюмова (Российская Федерация).

Все это подтверждает, актуальность и перспективность работ в области ультразвуковых технологий в Республике Беларусь.