

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Белорусский аграрный технический университет

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Тезисы докладов Международной
научно-технической конференции

Минск, 25 -27 октября 1995г.

Минск 1995

СОСТАВ РУКОВОДСТВА И ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

Л. С. Герасимович, член-корр. ААН РБ, д. т. н., профессор,
сопредседатель конференции, А. С. Шияев, д. т. н., профессор,
сопредседатель конференции, Г. Ф. Добыш, к. т. н., доцент,
сопредседатель конференции, председатель оргкомитета

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

А. В. Костюченко, А. В. Крутов, Я. Д. Лобач, С. П. Полозова,
Б. Е. Сембур, В. Н. Сытик, П. П. Цыбульский

УДК 534-8

Международная научно-техническая конференция "Ультразвуковая
техника и технология".
Тезисы докладов.

Редакционная коллегия:

А. С. Шияев (председатель), Г. Ф. Добыш, А. В. Крутов,
Н. Н. Минина, С. П. Полозова.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ультраакустика - наука о неслышимых звуках - ультразвуках и их применении - сравнительно молодой раздел физики. Она возникла на рубеже прошлого и нынешнего веков.

Ультразвук применяют как метод контроля и как средство интенсификации процессов и материалов. В настоящее время ультразвук с успехом находит применение в самых различных областях народного хозяйства, науки и техники. Трудно назвать область, где нельзя было бы использовать те или иные свойства ультразвуковых колебаний. Эффективность и большие технические преимущества ультразвуковой техники и технологии делают их средствами научно-технического прогресса, открывающими большие возможности в развитии промышленности. В основе их широкого применения лежит различный характер распространения ультразвука малых и конечных амплитуд и интенсивностей в веществе и взаимодействия их с веществом.

Ультразвуковые колебания малых амплитуд широко применяются для изучения свойств, состава и строения материалов при научных исследованиях и в промышленном производстве, для измерения и контроля изделий, для исследования и контроля различных технологических процессов, для измерения скорости потоков жидкостей и газов и т. д. Эти применения основываются на зависимости скорости и поглощения ультразвуковых волн малых амплитуд в веществе от его состава и структуры, на использовании отражения и рассеяния ультразвука на границе между средами с различными волновыми сопротивлениями и на изменении параметров резонансных колебаний твердых тел в зависимости от свойств окружающей среды.

Ультразвуковые колебания конечных амплитуд широко применяются в практике научных исследований и промышленности как средство воздействия на вещество в различных агрегатных состояниях. Активное воздействие ультразвука конечных амплитуд на вещество, приводящее к необратимым изменениям в нем, или воздействие ультразвука на физические процессы, влияющие на их ход, обусловлены в большинстве случаев нелинейными эффектами в звуковом поле. На этом основаны ультразвуковая интенсификация технологических процессов и обработка материалов.

Благодаря высокой интенсивности ультразвуковое воздействие оказывает влияние на протекание тепломассообменных процессов в жидкостях и газах, на структуру твердых тел и процессы контактного взаимодействия и т. д.

С учетом многолетнего опыта работы в области физики, техники и технологии ультразвука Белорусский аграрный технический университет выступил инициатором в проведении Международной научно-технической конференции "Ультразвуковая техника и технология".

На наш взгляд, вошедшие в "Сборник тезисов докладов" материалы представляют большой научный и практический интерес и реализация их в народном хозяйстве будет способствовать делу научно-технического прогресса.

УДК 534-8:62

**О РАБОТАХ В ОБЛАСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИИ В БЕЛОРУССКОМ АГРАРНОМ ТЕХНИ-
ЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Л. С. Герасимович (БАТУ)

Ультразвуковая техника и технология (УЗТТ) охватила и революционизирует многие отрасли народного хозяйства, в том числе агропромышленный комплекс.

Работы в области УЗТТ в БАТУ были начаты в 50-ые годы под руководством академика АНБ Е. Г. Коновалова - известного ученого, автора открытия ультразвукового капиллярного эффекта.

В 60-ые годы была создана научно-исследовательская лаборатория ультразвука, которая в настоящее время преобразована в межкафедральную учебно-научно-исследовательскую лабораторию ультразвуковой техники и технологии.

В докладе подведены некоторые итоги работ, выполненных в БАТУ в прошлые годы в содружестве с промышленностью и научными организациями. В результате проведенных за этот период исследований созданы принципиально новые ультразвуковые технологические процессы, оборудование и приборы контроля материалов. Большинство разработок прошло промышленное испытание и внедрено в народное хозяйство со значительным экономическим эффектом.

Разработаны способы, устройства и промышленное технологическое оборудование ультразвуковой обработки расплавов в процессе электродуговой наплавки сталей, при литье деталей, металлизации, фильтрации и дегазации жидких материалов, выкристаллизации солей из растворов.

В результате изучения закономерностей распространения ультразвуковых волн малых амплитуд в сложных жидких системах разработаны методы и приборы контроля гетерогенных сред, которые применены в производстве минеральных удобрений (контроль концентрации сплава аммиачной селитры и азотной кислоты), прорабатывается возможность их внедрения в животноводство.

Внедрение результатов работы обеспечивает повышение комплекса свойств и долговечность сталей и других сплавов в деталях машин, повышает производительность труда, создает экономию металла и энергетических ресурсов, позволяет автоматизировать контроль технологических про-

цессов в производстве продуктов агропромышленного комплекса.

Новые, разработанные на основе выполненных исследований, процессы и оборудование запатентованы и патентуются в ряде стран и экспонировались на международных выставках.

В заключение краткого обзора работ, выполненных в БАТУ в области создания и применения ультразвуковой техники и технологии в агропромышленном комплексе и в других отраслях народного хозяйства, следует отметить, что выбранное более трех десятилетий назад направление научных исследований является актуальным и перспективным и на сегодняшний день. Проводимые лабораторией в содружестве с производством, учебными и академическими институтами в настоящее время работы по созданию новых ультразвуковых технологических процессов, а также разработка нового ультразвукового технологического оборудования с автоматическим управлением и контролем режима ультразвуковой обработки, новых методов ультразвукового контроля материалов соответствуют духу времени и задачам научно-технического прогресса.

В настоящее время БАТУ вступил в новый период подготовки высококвалифицированных кадров - бакалавров и магистров на базе учебно-научно-исследовательских лабораторий. Ровно один год прошел со дня презентации первой межкафедральной учебно-научно-исследовательской лаборатории ультразвуковой техники и технологии.

Делаются первые шаги в области подготовки кадров по новым перспективным направлениям, к числу которых относится ультразвуковая техника и технология в агропромышленном комплексе. Для аспирантов и студентов читается спецкурс и проводится лабораторный практикум.

В плане проведения научных исследований и подготовки высококвалифицированных специалистов в области УЗТТ возникает много проблемных вопросов. Для решения их требуются международные контакты по обмену опытом и постоянные обсуждения этих вопросов на конференциях, симпозиумах и совещаниях.

УДК 534-8:63

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ УЛЬТРА-
ЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Г. Ф. Добыа, А. В. Крутов, А. С. Шилев,
П. И. Пазомек (БАТУ)**

Основываясь на многолетнем опыте работы в области физики, техники и технологии ультразвука и учитывая существующие проблемы в научно-техническом прогрессе в народном хозяйстве РБ, Белорусский аграрный технический университет выступает инициатором в подготовке Республиканской программы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ "Ультразвуковая техника и технология в агропромышленном комплексе и других отраслях народного хозяйства Республики Беларусь".

В процессе подготовки "Программы" предложения авторов и организаций подвергались тщательной экспертизе. Поэтому далеко не все предложения были включены в "Программу". В докладе подробно излагается содержание "Программы".

Пользуясь случаем нам хотелось бы, чтобы участники проходящей международной конференции выразили свое отношение в целом к "Программе" и ее отдельным заданиям в частности, а также внесли свои предложения в "Программу".

"Программой" предусматривается решение фундаментальных проблем, связанных с разработкой новых технологий, оборудования и приборов для агропромышленного комплекса и других отраслей народного хозяйства, участие большого количества организаций.

Разрозненно, без координирующего органа "Программу" не выполнить. Все участники должны быть объединены общей идеей научно-технического прогресса. Для её выполнения и дальнейшей координации работ в области ультразвуковой техники и технологии, необходимо создать Ассоциацию разработчиков и пользователей ультразвуковой техники и технологии.

Ассоциация должна включить в себя группу предприятий любой формы собственности, а также отдельных специалистов, научных сотрудников и преподавателей, деятельность которых направлена на разработку, практическое использование и развитие физики, техники и технологии ультразвука.

Ассоциация является самостоятельной общественной организацией, созданной на базе юридического лица. Последнее призвано решать организационно-правовые вопросы всей организации в целом.

В его обязанности вменяется:

- обеспечение правовой стороны деятельности Ассоциации;
- поддержка высокой взаимноинформируемости её членов по состоянию работ;
- осуществлять внешнеэкономическую деятельность Ассоциации, устанавливая и расширяя международные деловые контакты;
- систематически вести работы по маркетингу (изучение внутреннего и внешнего рынков);
- представление Ассоциации в высших эшелонах власти с целью приобретения содействия со стороны государства и обеспечения финансовой стороны решаемых задач путем получения госбюджетного финансирования и льготных кредитов.

Все заказы на разработку и изготовление оборудования и технологии распределяются центральным органом между предприятиями - членами Ассоциации. Финансовые операции, касающиеся деятельности Ассоциации, производятся через расчетный счет центрального органа.

При поступлении от предприятия - члена Ассоциации новой темы, требующей интеграции различных областей науки и техники, в адрес последнего, Ассоциация перечисляет денежные средства в виде процентных отчислений, объем и условия которых в каждом конкретном случае оговариваются отдельно с руководством Ассоциации.

УДК 534.6:687.127.6

**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ
КОМПЛЕКС АМУ-4П ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ
КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА**

**С. Л. Быхова, В. А. Козик, П. Н. Дозвинович,
Ан. С. Рубнов, А. С. Шляев (БАТУ)**

До настоящего времени как в нашей стране, так и за рубежом практически отсутствовали метрологические средства определения состава молока, не требующие применения химических реагентов и обеспечивающие высокую точность измерения основных его компонентов. Поэтому в технологическом процессе производства молочных продуктов до сих пор при входном контроле качества молока на молокоперерабатывающих предприятиях используют химические методы (например, методы Гёрбера и Кьельдаля для определения, соответственно, массовой доли жира и белка).

Разработанный на кафедре физики БАТУ ультразвуковой автоматизированный измерительный комплекс "АМУ-4П", предназначенный для использования на молокоперерабатывающих предприятиях, обеспечивает экологически чистую технологию измерения жира, белка, лактозы, сухого обезжиренного молочного остатка, а также плотности молока. В основе работы измерительного комплекса лежит способ определения основных компонентов по измерению скорости распространения ультразвуковых волн в молоке фазовым методом при определенных температурах (патент РФ N 1723521).

В докладе описываются структурная и блок-схемы измерительного комплекса, методика его тарировки, программное обеспечение, позволяющее реализовать управление технологическим процессом измерений, обработку, сбор, сортировку и накопление банка данных анализов по каждому поставщику и выполнение бухгалтерских операций.

УДК 637.12.128:681.88

К ВОПРОСУ ОБ АКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРА В МОЛОКЕ

Д. Н. Гончаров (ТГАТ)

Одним из важных показателей качества молока является его жирность. Исследования по изысканию методов и разработка на их основе технических средств экспресс-анализа качества молока являются актуальной задачей. Работы в этом направлении ведутся рядом научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений стран СНГ и, в частности, учеными БИМСХ (БАТУ), а также за рубежом.

Одним из наиболее чувствительных методов к молекулярной структуре вещества является акустический метод. Целью исследовательской работы являлось определение зависимости между жирностью сборного молока и скоростью ультразвукового импульса. Для реализации данного метода экспрессного анализа процентной концентрации жира в индивидуальном и сборном молоке была предложена экспериментальная установка, позволяющая произвести измерения промежутка времени, в течение которого ультразвуковой импульс проходит известное расстояние. Экспериментальные исследования проводились при температуре (точке) плавления жира (37°C), а также при температурах плавления жирных кислот молочного жира ($41-55^{\circ}\text{C}$), физическое состояние которых оказывает влияние на акустические свойства молока.

В результате статистической обработки экспериментальных данных установлено, что при температурах $50-55^{\circ}\text{C}$ данный метод контроля является наиболее чувствительным к изменению процентного содержания жира в молоке. Зависимость скорости ультразвукового импульса от процентного содержания жира в молоке носит нелинейный характер.

Полученные результаты экспериментов позволяют определить направления дальнейших исследований в данном вопросе.

УДК 635.61:681.88

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИИ ОВОЩЕ-БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

В. Ф. Яковлев (ТГАТА)

В технологии уборки, хранения и переработки плодов овоще-бахчевых культур технологами выделяется ряд операций, требующих создания технических средств контроля качественных признаков данной продукции. Такие технические средства можно создавать, используя метод акустического зондирования, основанный на отображении пространства качественных признаков продукта в пространстве параметров акустического поля в диапазоне частот 10 кГц...35 МГц.

В применении полей упругих волн для контроля качества плодов овоще-бахчевых культур и продукции их переработки в технологическом потоке выделены следующие направления:

1. Разработка приборов экспрессного анализа качественных признаков и компонентов их структуры для лабораторий химического и массового анализа (определение влажности семян, содержание растворимых веществ, сахаров, нитратов, пестицидов, маслянистости семян бахчевых).

2. Разработка технических средств автоматического контроля качества продукции в технологическом потоке и управление этим процессом (сортировка плодов по степени зрелости, выделение поврежденных плодов, контроль размеров и правильности форм и др.).

На основе проведенных научно-исследовательских работ в Московском ГАУ, Таврической ГАТА в названном направлении в течение ряда лет были установлены зависимости между степенью зрелости плодов, наличием внутриплодных повреждений и параметрами акустического поля. На основе этих зависимостей разработаны технические средства экспресс-анализа зрелости арбузов ИЗА-1, ИЗА-2, акустическая система зондирования внутриплодных и поверхностных повреждений АЗСП-1.

Исследования по определению содержания сухих веществ и сахаров в яблочном, томатном и арбузном соках позволили разработать приборы экспрессного анализа АКСВ.

Применение перечисленных средств контроля качества продукции, а также проводимые исследования в данном направлении несомненно создадут предпосылки для решения таких актуальных задач, как повышение удельного веса продукции высшего качества; увеличение количества извлеченного полезного компонента из обрабатываемого продукта; улучшение показателей работы технологических линий.

УДК 635.61:681.88

АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗОНДИРОВАНИЯ ВНУТРИПЛОДНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

В. Ф. Яковлев, А. Н. Терехов (ТГАТА)

Одним из важных показателей качества плодов, в частности бахчевых, является отсутствие как поверхностных, так и внутриплодных повреждений, очагов загнивания и поражения болезнетворными микроорганизмами, регламентируемых соответствующими ГОСТами. Если поверхностные повреждения легко определяются органолептически, то внутриплодные определить этим методом не удастся. На данный момент времени технические средства неразрушающего экспрессного контроля внутренних повреждений плодов отсутствуют, чем обусловлена актуальность задачи изыскания методов и разработки измерительных средств контроля названных качественных признаков плодов.

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить картину внутренней структуры плодов методом акустического зондирования, заключающегося в том, что плод подвергается воздействию гармонической силы или одиночного импульса и производится регистрация колебательной скорости или звукового давления в различных точках поверхности плода или на определенном расстоянии от поверхности, с заданным шагом сканирования. Для качественных плодов картина акустического поля поверхности имеет определенный характерный вид. В случае наличия внутренних повреждений картина поля существенно изменяется.

В результате обработки экспериментальных данных построены соответствующие диаграммы, установлены аналитические зависимости, позволяющие получить качественную и количественную оценку процесса трансформации зондирующих импульсов, выбрать информативные параметры акустического поля, определять месторасположение, размеры и форму внутриплодных повреждений, рассчитать конструктивные параметры первичных преобразователей, шаг сканирования, и на этой основе, разработать акустическую систему зондирования внутренних повреждений плодов в технологическом потоке АЗСП-1, которая в настоящее время проходит испытания на сельскохозяйственных предприятиях юга Украины.

УДК 631.55.027:534-8

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА ИХ ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ

**Л. А. Веремейчик, А. Ф. Гуз, А. В. Горный,
В. С. Лобунов, И. Н. Марцель,
Н. В. Волчек (БАТУ)**

Исследования по изучению ультразвукового воздействия на продуктивность и посевные качества семян проводились в 1994 году путем постановки и проведения лабораторных и полевых опытов.

Для исследований семена испытываемых культур обрабатывались ультразвуком различной частоты и времени воздействия. В лабораторных опытах определяли, в соответствии с требованиями ГОСТа, всхожесть и энергию прорастания семян, а полевых — учитывался урожай и по отдельным культурам его структура.

В лабораторных опытах выявлено, что обработка ультразвуком продолжительностью от 1 до 8 минут не приводила к повышению всхожести и энергии прорастания семян зерновых культур и трав. В большинстве же случаев наблюдалось ухудшение этих показателей. Так, если неозвученные семена ячменя сорта Визит имели всхожесть 72–78%, то при их обработке ультразвуком в сухом виде с частотой 21 кГц в течение 3–5 минут всхожесть уменьшалась до 38–43%. Не отмечено стимулирующего воздействия и при сухом озвучивании семян овса, а при их обработке в воде установлено отрицательное воздействие ультразвука разных частот и времени обработки на показатель всхожести семян.

В полевых опытах изучалось воздействие ультразвуковой обработки семян на величину урожая зерна ячменя, овса, клубней картофеля, корней сахарной и кормовой свеклы, сена райграса. Как в лабораторных, так и полевых исследованиях ультразвуковая обработка семян в пределах изучаемой частоты и времени воздействия не оказала положительного влияния на продуктивность испытываемых культур. Например, урожай зерна ячменя без обработки семян составил 36,7 ц/га, а ультразвуковая обработка с частотой 21,3 кГц продолжительностью 3 минуты снизила урожай на 2 ц/га, а продолжительностью 5 минут на 1,6 ц/га.

Снижение урожая при озвучивании семян в сравнении с контрольным вариантом наблюдалось и у овса, сахарной и кормовой свеклы, картофеля, райграса.

УДК 636.085:534-8

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ПОДГОТОВКЕ К
СКАРМЛИВАНИЮ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ГРУБЫХ И КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ**

П. П. Цыбульский (БАТУ)

Специфические свойства ультразвука успешно могут быть использованы при подготовке и очистке кормов, загрязненных радионуклидами в зонах радиационного заражения.

Такие грубые корма, как солома и полова, концентрированные - зерно, особо подвергнуты загрязнению цезием 137 за счет грунтовых и пылевых включений, а также внутрискруктурно непосредственно.

Достичь пригодности таких кормов к скармливанию возможно применением после их измельчения ультразвуковую очистку, выполняющую одновременно и функцию предварительного увлажнения перед электротермохимической обработкой.

Концентрированные корма подлежат очистке преимущественно за счет отмыва от поверхностного загрязнения.

Наряду с отмывом грубых кормов от радионуклидов получен побочный весьма желаемый эффект - разрушение целлюлозно-лигнинного комплекса, сдерживающего усвоение корма в желудке животного. В результате воздействия ультразвуковых колебаний на стебельную структуру происходят микроразрывы, разрушения ткани, что способствует проникновению в нее влаги, содержащей химические элементы, улучшая протекание электрического тока во внутренних структурах этих тканей, повышая этим эффективность обработки.

При невозможности использования электротермохимической обработки, можно ограничиться лишь ультразвуковой очисткой кормов от радионуклидов и первой ступенью воздействия на тканевую структуру, обеспечив доступность их скармливания с частичным разрушением стебельной части.

По заключению лаборатории качества кормов Белорусского научно-исследовательского института животноводства ультразвуковая обработка повышает усвояемость грубых кормов на 8...10% с возможностью использования для этих целей изначально загрязненных цезием 137 и очищенных от него ультразвуком.

УДК 663.813:68/88

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОВЫХ СОКОВ

Е. А. Адоньева (ТГАТА)

Производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей стандартам, невозможно без надлежащего контроля качества последней на всех этапах технологического процесса переработки. Одним из основных показателей качества, в частности, плодовых соков, является содержание сухих веществ и сахаров. Существующие методы и технические средства, применяемые для их определения, имеют ряд недостатков. В связи с этим, разработка эффективных методов и технических средств экспресс-анализа продукции актуальна. Сравнивая достоинства и недостатки различных методов контроля, был принят акустический метод, как наиболее приемлемый, на наш взгляд, для данных целей.

Для реализации данного метода в техническом средстве контроля содержания сухих веществ и сахаров были проведены экспериментальные исследования по определению акустических параметров (скорости ультразвука и коэффициента поглощения) соков арбузов различных сортов. Применялись импульсный, интерферометрический и фазовый методы измерений. Наиболее точным оказался импульсный метод определения скорости, при котором определялось время, за которое ультразвуковой импульс пройдет известное расстояние в измерительной камере с соком. Зондирующие импульсы подавались на излучатель с частотой 40 Гц. При такой низкой частоте колебания успевают затухнуть до прихода следующего импульса, что позволяет считать импульсы одиночными и избежать наложений сигналов. Выделение полезного сигнала является необходимым условием повышения точности измерений. Это зависит, прежде всего, от конструкции измерительной камеры. Из нескольких испытанных конструктивно различных камер наилучшие результаты дала камера, которая была разработана с использованием принципа "акустического лабиринта". Данная конструкция позволила значительно снизить влияние на результаты экспериментов обводного сигнала по стенкам камеры, дифракционных и волноводных эффектов.

На данной установке получены зависимости скорости ультразвука и коэффициента поглощения от концентрации сухих веществ и сахаров. Статистическая обработка экспериментальных данных показывает существенную корреляционную связь между этими величинами, что позволяет использовать этот метод для разработки технического средства контроля содержания сухих веществ и сахаров в плодовых соках.

УДК 637.131:534-8

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА МОЛОКА

А. С. Шляев, И. М. Седлре,

В. Г. Артемьев, Т. А. Кудряева,

П. П. Савицкий, И. Д. Саев (БАТУ)

Обработка молока в условиях молочно-товарных ферм колхозов, совхозов и фермерских хозяйств, а также в перерабатывающей промышленности направлена на улучшение санитарно-гигиенических качеств, обеспечивающих стойкость при хранении и сохранении его биологической ценности.

Применяемые современные методы и средства в технологии обработки молока вообще и первичной обработки в частности, как правило, выполняют только одну какую-то операцию в общем технологическом цикле обработки: гомогенизация, дезодорация, пастеризация и т.д. Поэтому весь технологический цикл обработки молока оказывается очень продолжительным по времени, а следовательно, не достаточно эффективным, поскольку время процесса лимитирует качество молока.

Анализ результатов проведенных исследований по ультразвуковой обработке молока позволяет сделать следующие основные выводы и сформулировать рекомендации для дальнейших работ в области разработки научных основ ультразвуковой технологии первичной обработки молока, средств обработки и реализации в производстве.

Ультразвуковая жидкофазная технология является эффективным средством интенсификации процессов первичной обработки молока и в перерабатывающей промышленности.

Особенно целесообразно применение ультразвуковой жидкофазной технологии при охлаждении, пастеризации, стерилизации, дезодорации. В этих процессах особенно эффективно должны проявляться интегрально эффекты второго порядка, имеющие место при распространении в жидкой фазе ультразвуковых колебаний больших амплитуд.

Применение ультразвуковой жидкофазной технологии в процессах первичной обработки молока и в перерабатывающей промышленности не должно ограничиваться только улучшением санитарно-гигиенических качеств, обеспечения стойкости при хранении, сохранности биологической ценности молока, а должно получить развитие в направлении создания качественно

нового продукта с более высокой биологической ценностью и усвояемостью организмом.

При определенных энергетических, временных и температурных режимах ультразвуковой обработки молока может быть достигнут интегральный положительный эффект, связанный с санитарно-гигиеническими качествами, обеспечивающими стойкость при хранении и сохранение его биологической ценности.

Исходя из анализов проблем, глобально возникших в последнее время, связанных с состоянием здоровья крупного рогатого скота, качеством молока и санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к молоку, представляется первостепенной проблема качественной пастеризации и стерилизации молока.

Перспективным, на наш взгляд, является применение ультразвуковой обработки с целью дезодорации молока - удаление из молока посторонних несвойственных продукту запахов и привкусов.

УДК 166.067:534.291:63

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИЕЙ

И. П. Назаренко (ТГТА)

Методы ультразвуковой технологии находят применение для интенсификации технологических процессов при очистке жидких продуктов. Одним из таких методов является ультразвуковая интенсификация очистки жидкостей напорной флотацией, являющаяся перспективной в некоторых процессах сельскохозяйственного производства.

В связи с этим нами были исследованы особенности процесса образования и выделения газовой фазы при обработке ультразвуком яблочного сока и подсолнечного масла. Целью работы было определение влияния параметров ультразвукового поля и режимов обработки на количество и распределение по размерам пузырьков воздуха в яблочном соке и подсолнечном масле, а также исследование процесса флотационной очистки данных жидких продуктов при ультразвуковой интенсификации газовыделения.

Исследования проводились на установке, представляющей собой герметичную камеру с присоединенным преобразователем. Использовался магнитострикционный преобразователь (ПМСІ-І и пьезоэлектрические преобра-

зователи (керамика ЦТС). Это позволило получать звуковые колебания частотой 11, 22, 33, 44, 58, 130, 276 кГц и интенсивностью до 10 Вт/см². Степень перенасыщенности раствора воздуха в жидкостях варьировалась изменением статического давления в камере. Измерялся гранулометрический состав пузырьков и количество воздуха, выделившегося из жидкости.

Результаты показали, что ультразвуковая обработка позволяет получить концентрацию пузырьков в яблочном соке до 10⁶ см⁻³, а в подсолнечном масле до 10⁷ см⁻³, средний диаметр пузырьков - 40 мкм и 28 мкм соответственно. Размеры и количество пузырьков газа зависят от частоты и интенсивности ультразвука. Наиболее благоприятный частотный диапазон, с точки зрения применимости в процессе флотационной очистки - 10-60 кГц. Концентрация пузырьков газа существенно зависит от условий выделения их из раствора: в яблочном соке, в отличие от масла, после снятия ультразвукового поля концентрация покидающих жидкость пузырьков увеличивается в 10³-10⁴ раз. Эксперименты показали применимость метода для очистки яблочного сока (степень очистки 82%) и подсолнечного масла (степень очистки 78%).

УДК 637.132.144

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

В. П. Трушко (РБ)

Проблема обеспечения населения нашей республики высококачественными детскими и диетическими продуктами питания имеет большое социальное значение. При производстве молочных продуктов детского и диетического питания обязательной технологической операцией является диспергирование (гомогенизирование) жирового ингредиента молока путем эмульгирования и гомогенизации молока. Диспергирование требует затрат работы тем большей, чем выше требуемая степень измельчения.

В пищевой промышленности получение устойчивых молочных эмульсий производят с помощью шаровых мельниц. Установлено, что мельницы не позволяют достигать требуемой дисперсности. Наиболее качественные молочные эмульсии для детского питания получают с помощью ультразвуковых гомогенизаторов.

Обработка молока в ультразвуковом гомогенизаторе позволяет получить однородную структуру мелкодисперсной эмульсии. Размеры жировых и белковых частиц такой молочной эмульсии соизмеримы с размерами одноименных частиц грудного молока. Это основное и главное качество детского питания для новорожденных и грудных детей.

В настоящее время в Белоруссии не нашла применения технология ультразвуковой гомогенизации молока для приготовления детского и диетического питания, хотя имеются все предпосылки для решения этой важной проблемы.

УДК 635:631.531.02:632.1/.4

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА СНИЖЕНИЕ ФИТОПАТОГЕННОГО КОМПЛЕКСА И УРОЖАЙ

Ф. А. Попов, В. М. Грибовский

(БелНИИ защиты растений)

Обеззараживание семян овощных культур является обязательным агроприемом в общем комплексе защитных мероприятий. Однако набор протравителей весьма ограничен и представлен в основном химическими препаратами. Поэтому поиск и разработка альтернативных методов обработки семян и, прежде всего нехимических, являются перспективными и актуальными

Опыты с ультразвуковой обработкой семян капусты и моркови проводили в лабораторных и полевых условиях. Семена обрабатывали на кафедре научных исследований БАТУ в двух режимах: 3 и 5 минут - для капусты, 5 и 15 минут - для моркови ($0,5 \text{ Вт/см}^2$).

Установлено, что ультразвуковое воздействие активизирует процессы прорастания семян капусты и моркови, повышает на 5...9% посевные качества и снижает зараженность бактериальной инфекцией на 60...80%, а грибной - на 25%, т.е. к данному типу обработки возбудители бактериальной природы оказались более чувствительны, чем грибного происхождения. Кроме того, ультразвуковое воздействие на семена оказывает стимулирующий эффект на рост и развитие растений в рассадочный период капусты, увеличивая их высоту на 4,8 см и листовую поверхность в среднем на 8 см^2 . Биологическая эффективность данного приема против болезней рассады была невысокой и составляла 24,7%.

В опытах с морковью обработка семян ультразвуком в течение 15 ми-

нут способствовала повышению полевой всхожести на 14,3% и снижению пораженности корнеплодов фомозом и черной гнилью в 1,2...2,0 раза по сравнению с контролем. При этом была получена урожайность корнеплодов 429 ц/га при урожайности в контроле 371 ц/га с стандартностью соответственно 80,2 и 68,1%. Показатели урожая при ультразвуковой обработке с 5-ти минутной экспозицией составляли: 415 ц/га и стандартность корнеплодов - 78,5%.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии ультразвуковой обработки на посевные качества семян и урожай, о ее оздоровительном и стимулирующем эффекте. Следовательно, ультразвуковую технологию можно отнести к перспективному направлению в растениеводстве и, в частности, она может найти практическое применение в овощеводстве.

УДК 669.72.15:622.7:534

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Н.И. Ботан, Н.Г. Евстигнев, В.Б. Ловкис,
Н.А. Маслюков (БАТУ)**

Для повышения качества молока важное значение имеет тщательная очистка (мойка) и дезинфекция доильного оборудования, его узлов и деталей, в частности сосковой резины доильных аппаратов, которая в процессе эксплуатации подвергается наибольшему загрязнению, поскольку контактирует непосредственно с выменем животного, молоком и руками обслуживающего персонала.

Применяемые в настоящее время способы очистки доильного оборудования водными растворами на основе моющих и дезинфицирующих средств химической природы доильного оборудования не обеспечивают требуемого качества молока по бактериальной обсемененности. Более того, в процессе очистки доильное оборудование, особенно резиновые детали, подверженные наибольшему физическому старению в процессе эксплуатации (появление микротрещин, шероховатостей), загрязняются остатками токсичных компонентов моющих средств, которые при доении попадают в молоко, снижая его экологическую чистоту.

Выполненные нами исследования показали, что устранить отмеченные недостатки и повысить эффективность процесса очистки и дезинфекции сосковой резины можно в обычной водопроводной воде путем введения в нее мощного ультразвукового поля.

По результатам предварительных исследований нами разработана и изготовлена экспериментальная установка для ультразвуковой очистки и дезинфекции сосковой резины в воде.

Результаты исследований показали, что разработанная установка обеспечивает полную очистку и дезинфекцию сосковой резины в чистой водопроводной воде без применения моющих и дезинфицирующих средств, позволяет значительно ускорить процесс очистки (3...5 мин) и довести очищаемые изделия практически до стерильного состояния.

УДК 669.72.15:622.7:534

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

**Н. Г. Евстигнеев, Н. Н. Ботан, В. Б. Ловкис,
Н. А. Маслоков (БАТУ)**

В настоящее время при техобслуживании и ремонте доильного оборудования очистка доильных аппаратов и их деталей осуществляется в моечных ваннах или машинах погружного или струйного типа горячими водными растворами моюще-дезинфицирующих средств, имеющих химическую природу.

Однако из-за конструктивных особенностей моечного оборудования, сложной геометрии очищаемых изделий, изготовленных из различных материалов (сталь, алюминий, пластмасса, резина), процесс очистки весьма трудо- и материалоемок, длителен во времени, а его качество зачастую не отвечает санитарно-экологическим требованиям.

Выполненные нами предварительные исследования показали, что интенсифицировать и повысить эффективность процесса очистки доильных аппаратов можно путем введения в очищающую среду (чистую водопроводную воду) мощного ультразвукового поля.

По результатам исследований нами разработана и изготовлена экспериментальная установка, состоящая из моечного акустического модуля, ультразвукового генератора и пульта управления. Моечный модуль содержит вращающийся барабан, погруженный в чистую водопроводную воду, оз-

вучиваемую мощным ультразвуком. Барабан оснащен ложементами для установки и фиксации очищаемых доильных аппаратов в сборе и их деталей.

Лабораторными испытаниями установлено, что время очистки доильных аппаратов по сравнению с базовым технологическим процессом сокращается в 2-3 раза, а качество очистки их деталей доводится практически до стерильной чистоты.

УДК 664.655.6:661.18

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ХЛЕБНЫХ ФОРМ

А. С. Шляев, Н. А. Гафдым,

В. В. Слизень (БАТУ)

Проведен анализ загрязнений, где присутствуют на поверхности форм полярные и неполярные органические соединения, их продукты неполного термического окисления, углеводороды, минеральные соли и углерод.

Исследованы закономерности очистки хлебных форм от нагара в органических растворителях и водных растворах поверхностно-активных веществ. Показано на основании теории регулярных растворов Гильдебранда, что перспективными растворителями для удаления нагаров являются галогидзамещенные производные бензола.

Установлено, что растворители для удаления полярных соединений нагаров проявляют высокую электронно-акцепторную способность и характеризуются низким значением удельной энтальпии образования полости при межмолекулярном взаимодействии.

Установлен неаддитивный эффект смесей полярных и неполярных растворителей при снятии нагаров. Сочетание их (Н-пропанол, γ -бутиролактон и дибромбензол) в соотношении 1:3:6 с ПАВ, УЗ колебаниями и температурой позволяет очищать нагар с поверхности форм, адгезионно и химически связанных загрязнений за 1,2 ч. Указанные группы соединений могут быть использованы для разработки технологического процесса и оборудования для их реализации в промышленности.

Приведен анализ существующих водных моющих композиций. Показано, что существующие промышленные МС не пригодны для очистки подобного класса нагаров. Выявлено, что перекисно-щелочные растворы в концентрации 3-10 масс. % эффективны для удаления нагаров с поверхности форм за счет окислитель-гидролизного механизма растворения связующих - масел и жиров. Ультразвуковые колебания частотой 44 кГц и температура 80° С

ускоряют течение диффузионно-кинетических процессов реакции, а также стимулируют диспергирующее и эмульгирующее действие углеродистых отложений. При этом достигнут довольно высокий скоростной параметр очистки - $7 \text{ мг/}(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$.

Таким образом, перекисно-щелочные водные растворы в сочетании с ультразвуковыми колебаниями и температурой могут быть рекомендованы для разработки технологического процесса очистки поверхности хлебных форм от нагаров и ультразвукового оборудования для его реализации.

УДК 619:616-7

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Э. И. Веремец, А. Ф. Могиленко (ВГАВМ)

В последнее время с лечебной и диагностической целью все шире применяют ультразвук в ветеринарии и медицине.

Положительный терапевтический эффект дают ультразвуковые лечебные процедуры при ранах, язвах, свищах, фурункулезе, абсцессах, синовиитах, артритах, периаартритах, тендовагинитах, бурситах, миозитах, невритах, невралгиях; в офтальмологии при кератитах, кератоконъюнктивитах, язвах и помутнениях роговицы. Ультразвук используют также при пролиферативных и рубцовых процессах и при контрактурах; в акушерской и гинекологической практике, болезнях вымени и внутренних органов.

Имеются данные о применении ультразвука для обнаружения инородных тел в тканях, органах и полостях, для диагностики новообразований и беременности у животных, определения упитанности, оплодотворяющей способности спермиев быков, механической устойчивости мембран эритроцитов, для обеспложивания хрячков и свинок.

Ультразвук применяют также при бескровной резке мягких и костных тканей во время операций, для сварки отдельных костей и наплавке костной ткани. В экспериментальных исследованиях установлено влияние низкочастотного ультразвука на микрофлору - возбудителей раневой инфекции, при стерилизации ультразвукового скальпеля.

При помощи ультразвука можно проводить фонофорез лекарственных средств в глубину тканей.

Благоприятное его воздействие позволяет более широко использовать

в производственных условиях, как экологически чистый и экономически оправданный способ терапии.

Таким образом, ультразвуковая техника может найти широкое применение в ветеринарной медицине, которая, кроме ультразвуковой терапии, заменит очень трудоемкую работу в ортопедии при расчистке и обрезке отросшего рога копыт и копытцев у животных, удалении и предупреждении роста рогов у крупного рогатого скота, в диагностике инородных предметов, различных болезней животных.

УДК 616.1-005.6.:615.837.3

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ЛИЗИСА ФИБРИНОВОГО СГУСТКА

И. Э. Адзерихо, В. В. Дмитриев,

А. Г. Мрочек, С. Н. Токарь, Д. И. Белугин

(Институт усовершенствования врачей)

Целью исследования было изучение эффективности воздействия низкочастотного ультразвука (УЗ) различной мощности на процесс лизиса фибринового сгустка. Для решения цели было сконструировано устройство, состоящее из расположенного в термостатируемой колбе ультразвукового генератора и магнитострикционного излучателя. В колбу помещали пробирку со стандартным фибриновым сгустком, к которому добавляли раствор стрептодеказы или изотонический раствор хлорида натрия. Использованы следующие характеристики ультразвука: максимальная выходная мощность генератора 250 Вт., резонансная частота излучателя 22000 Гц., амплитуда смещения 30 и 50 мкм. Время воздействия составляло 15 минут. Температура в пробирке поддерживалась на уровне $37 \pm 1^\circ \text{C}$. После УЗ воздействия определяли содержание фибрина в сгустке и продуктов растворения фибрина плазминовой природы.

Установлено, что воздействие УЗ на стандартный сгусток фибрина способствует интенсификации процессов естественного лизиса сгустка в сочетании с "механическим" его разрушением. Обнаруженный эффект усиливался при увеличении мощности излучения и при 50 мкм он более выражен. В то же время, достоверных различий в степени естественного лизиса сгустков при разных амплитудах смещения не обнаружено. Установлено также, что присутствие стрептодеказы при воздействии УЗ на сгусток фибрина не ускоряет процесс его естественного лизиса.

Таким образом, низкочастотный ультразвук может быть использован с целью значительного ускорения процесса лизиса фибринового сгустка.

УДК 534-8

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КАВИТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В
НЕОДНОРОДНОЙ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ И ОЦЕНКА
ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЖНЫХ
ВИБРАТОРОВ ДЛЯ АНГИОПЛАСТИКИ**

**И. Э. Адзеризо, Г. Н. Бечаров, О. В. Роман,
Г. В. Смирнов (НИИ импульсных процессов)**

Приведены результаты теоретических исследований по разработке новых материалов и миниатюрных акустических систем для ангиопластических операций. В основу расчетов положены нетривиальные модели механики сплошной среды и молекулярной динамики, моделирующие поведение крови в диапазоне параметров, характерных для различных ее состояний. Анализ показал, что модель разрушения плотных фибрин-тромбоцитарных образований в режиме кавитирующей жидкости предъявляет чересчур жесткие требования к аппаратуре и вибратору, к тому же подобный механизм удаления тромба опасен, как и СВЧ воздействие приводящее к необратимым изменениям биохимического состава крови. Вместе с тем такой подход позволяет оценить параметры, при которых акустические потоки в докавитационном режиме наиболее интенсивны.

Необходимые для реализации режима физико-механические характеристики вибратора рассчитывались на примере пьезокерамического преобразователя традиционным способом с использованием простых аналогов уравнений теории упругости, гидродинамики и электродинамики, эквивалентных электрических схем или методом совместного решения дифференциальных уравнений движения механической системы с учетом условий электромеханического преобразования и вероятной реакции нагрузки. Расчет элементов акустической системы проводился для одиночного преобразователя с тем, чтобы оценить условия излучения максимальной мощности в режиме бегущей волны и затем уточнялся для системы экспериментальным путем с использованием модели. Изготовлены экспериментальные образцы прототипов миниатюрных акустических систем и активные блоки, отрабатываются принципы управления системами вибраторов.

УДК 631.434:53.082.4

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
ПОЧВЫ И КВАЗИАКТИВНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

А. А. Андреев, П. П. Федирко

(Каме́нец-Подо́льский СХИ)

Квазиактивные рабочие органы (КАРО), имея конструктивный характер пассивных рабочих органов, совершают в почве высокочастотные колебания, не имея специального привода или источника колебаний, чем отличаются от активных рабочих органов. Для акцентации необходимых для обработки почвы типов колебаний необходимым является резкое уменьшение металлоемкости рабочих органов по сравнению с существующими, в результате чего фрикционные автоколебания приводят к возбуждению целой серии колебаний КАРО: собственные продольные и поперечные, крутильные, параметрические и т.п. Для наиболее объемных сельскохозяйственных операций эти колебания являются ультразвуковыми. Упругие колебания КАРО, передаваясь на почвенные макроагрегаты, которые моделируются ограниченной средой Гриффита, распространяются в их объеме и, отражаясь от различного рода неоднородностей (например, от противоположных стенок макроагрегата), образуют в объеме макроагрегата интерференционную картину. Вдоль плоскостей интерференционных максимумов возникают условия благоприятствующие возникновению микротрещин вследствие растяжения макроагрегата, что в энергетическом отношении для среды Гриффита в восемь раз выгоднее, чем образование таких же трещин вследствие сжатия (что имеет место при воздействии на почвенные макроагрегаты пассивных рабочих органов). Расстояние между плоскостями интерференционных максимумов полностью определяется как свойствами почвы, так и геометрией и физико-механическими свойствами рабочего органа, что представляет самые широкие возможности для постановки и решения различного рода оптимизационных задач (динамическая оптимизация). Следует отметить, что специфическое состояние почвы вокруг движущегося поступательно КАРО (кипящий слой) способствует активному перемешиванию почвенных частиц и опусканию мелких фракций в горизонтальном направлении, способствующих увеличению почвозащитных свойств. Предлагаемые технологии характеризуются низкой энерго- и материалоемкостью, высокой экологичностью и сравнительной простотой в исполнении рабочих органов.

УДК 669.72.15:622.7:534

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ
ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ПУТЕМ
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Н. И. Ботан, Н. Г. Ефимцев,

В. Б. Ловкис, Н. А. Масляков (БАТУ)

К наиболее трудноудаляемым загрязнениям деталей компрессоров относятся нагары и смолистые отложения.

В настоящее время очистку деталей от таких загрязнений осуществляют в расплаве солей при температуре 380...420° С с последующим охлаждением до 120-150° С, промывкой проточной водой и кислотной обработкой. Общее время очистки при этом составляет порядка 45 мин. Такой процесс весьма трудоемкий, токсичный, энерго- и ресурсоемкий и зачастую неудовлетворительного качества.

Предварительные исследования показали, что устранить отмеченные недостатки и повысить эффективность процесса очистки деталей компрессоров можно путем применения погружного способа очистки в водных растворах синтетических моющих средств (СМС) технического назначения, моющее действие которых интенсифицируется введением в очищающую среду мощного ультразвукового воздействия.

По результатам исследований разработана и изготовлена экспериментальная моечная установка, состоящая из моечного акустического модуля, ультразвукового генератора и пульта управления. Моечный модуль представляет собой ванну, заполненную водным раствором СМС, нагреваемого до 60...80° С при помощи трубчатых нагревателей. В ванне вращается барабан с горизонтально расположенным столом, на котором устанавливаются очищаемые детали. Ультразвуковые воздействия вводятся в раствор при помощи магнитострикционного преобразователя, имеющего поступательные движения в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно вращающегося стола с очищаемыми деталями.

Результаты лабораторных испытаний разработанной установки показали, что время очистки деталей сокращается до 5...8 мин, а качество очистки достигает технологически требуемых параметров.

УДК 621.7.022.0

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЗ КОЛЕБАНИЙ
ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКЕ**

И. А. Самарин (Белгосуниверситет)

В последнее время большее внимание уделяется разработке устройств и созданию способов, обеспечивающих равномерную очистку деталей и узлов от технологических загрязнений, с использованием ультразвуковых колебаний. Обеспечение равномерного воздействия ультразвуковых колебаний на поверхность очищаемых деталей важно как при групповом способе обработки, когда детали располагаются в специальных кассетах или корзинах, так и при индивидуальной обработке крупногабаритных деталей и узлов. В первом случае исключается неравномерность очистки одной детали относительно другой, во втором - неравномерность очистки поверхности изделия; кроме того в обоих случаях уменьшается вероятность локального разрушения поверхности вследствие кавитационной эрозии.

Обеспечить равномерное воздействие ультразвуковых колебаний в жидкости можно двумя способами:

- 1) путем разработки ультразвуковых систем, создающих в жидкости равномерные ультразвуковые поля;
- 2) путем создания специальных устройств и способов, обеспечивающих равномерную очистку в ваннах с неравномерным полем за счет электрического или механического сканирования.

Процесс ультразвуковой очистки обусловлен рядом явлений, возникающих в жидкости при распространении в ней интенсивных ультразвуковых колебаний: кавитацией, акустическими течениями, давлением звукового излучения, звукокапиллярным эффектом. Однако основную роль, как правило, играет кавитация. В связи с этим более правильным является требование равномерности кавитационной области на образование и развитие которой сильное влияние оказывают технологические режимы. Поэтому правильный выбор технологических режимов способствует обеспечению равномерности и эффективности воздействия ультразвуковых колебаний на очищаемые детали и, следовательно, высокого качества очистки.

УДК 621.9.079-82:66.067

**ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ СОЖ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОЙ СМАЗКИ
ЛЗ-ЦНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ**

**М. Д. Тяловский, М. Н. Лось, В. А. Дронченко
(БГУИР)**

Водные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) наиболее часто приготавливают из эмульсолов ЭТ-2 или ЭГТ. Следует отметить, что в настоящее время эмульсолы ЭТ-2 и ЭГТ являются дорогостоящими и весьма дефицитными материалами.

В связи с вышеуказанными причинами нами разработаны новые составы СОЖ без применения эмульсола. Разработанные СОЖ представляют водный раствор отработанной смазки ЛЗ-ЦНИИ и кальцинированной соды, в который вводятся антимикробные и антикоррозионные добавки, а также глицерин для образования поверхностноактивных веществ (ПАВ) и повышения охлаждающей способности СОЖ. Смазка ЛЗ-ЦНИИ хорошо растворяется в горячей воде при температуре 60-80° С.

Наиболее эффективным является приготовление водных СОЖ с использованием метода ультразвукового диспергирования. Для реализации этого метода наиболее целесообразно применять гидродинамический излучатель роторного типа, который представляет собой жидкостную сирену. Акустические колебания ультразвуковых частот создаются при периодическом перекрытии пазов в статоре зубцами вращающегося ротора. Ротор вращается с помощью электродвигателя со скоростью 3000 об/мин. Вследствие акустических звуковых и ультразвуковых колебаний, эффекта кавитации обеспечивается получение мелкодисперсных и стабильных СОЖ, повышается их технологическая эффективность.

На Минском вагоноремонтном заводе были испытаны в цеховых условиях новые водные СОЖ на основе отработанной смазки ЛЗ-ЦНИИ и ультразвуковая установка для их приготовления. Водные СОЖ приготавливали из концентратов. Концентраты приготавливали в специальной емкости с применением ударно-волнового принципа.

Проведенные испытания показали высокую эффективность применения ультразвукового способа приготовления водных СОЖ.

УДК 620.179.16:621.43-721

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

В. А. Дидур, В. Ф. Яковлев, Г. И. Максимочкин,
Р. В. Кушлык (ТГАТА)

Надежность, работоспособность и эффективное использование автотракторной техники обусловлены качеством используемых эксплуатационных материалов, и прежде всего, смазочных масел.

Вода в масле это: снижение концентрации присадок, повышенная коррозийность, пенообразование и ряд других физико-химических явлений, отрицательно влияющих на работу двигателя.

Существующие способы определения влаги в маслах требуют наличия химоборудования, реактивов, времени, что не всегда реализуемо, особенно в условиях сельскохозяйственного производства.

С целью контроля влагосодержаний моторных масел в пределах 0...2,0 масс.%, в интервале температур 20...90° С нами был разработан ряд акустических установок, опубликованных в открытой печати ранее, на которых отработан новый способ определения влагосодержания, как в чистых маслах (состояние поставки), так и отработанных. Данные акустические установки позволяют производить измерения скорости и коэффициента поглощения ультразвука при нормальном давлении, а также высоком давлении (до 100 МПа) в интервале ультразвуковых частот 500...5000 кГц.

Измерения на установке высокого давления очень громоздкие, требуют больших затрат времени на тарировку приборов, установка металлоемкая, что в конечном итоге вызывает трудности при реализации её в промышленном образце.

Анализируя полученные результаты на установках при нормальном давлении, следует отметить, что коэффициент поглощения ультразвука оказался наиболее чувствительным параметром к малым добавкам воды. Данный способ реализован в электронно-акустическом приборе УЗА-1, который доведен до производственного образца и прошел ведомственную проверку.

В настоящее время ведутся более глубокие исследования водомасляных эмульсий при высоких давлениях, а также исследования по контролю продуктов внешнего загрязнения (содержания механических примесей, топлива, кремния), продуктов износа (содержания железа, алюминия, меди), качественного состояния масла (вязкость, содержание смол, солей).

УДК 622.276.05:534-8

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

А. С. Шляев, Л. А. Чернобай (БАТУ)

Работы в области применения ультразвука для интенсификации процессов нефтедобычи были начаты в 1975 году. В 1976 году был заключен договор между нефтегазодобывающим управлением (НГДУ) "Нижневартовскнефть" им. В.И. Ленина и Белорусским аграрным техническим университетом о научно-техническом сотрудничестве. В соответствии с договором в НГДУ были направлены предложения об использовании результатов выполненных в БАТУ научных исследований в области изучения физических процессов в сложных жидкофазных гетерогенных системах в мощных ультразвуковых полях. Эти предложения явились научной основой для разработки новых технологий, процессов и средств для нефтедобывающей промышленности. Они являются актуальными и в настоящее время.

Совместными работами решены и в настоящее время продолжает решаться ряд важных проблем:

- предотвращение отложения солей на скважинных насосах, в нефтяных скважинах и технологическом оборудовании;
- акустические шумоиндикаторы для исследования технического состояния газлифтных скважин;
- ультразвуковая технология и средства нанесения износостойких покрытий на деталях машин нефтедобывающей промышленности;
- ремонт и восстановление деталей машин электродуговой наплавкой в ультразвуковом поле.

Только от внедрения способа борьбы с отложениями солей в нефтяных скважинах получен экономический эффект, подтвержденный актами внедрения и расчетами экономической эффективности около 4,5 млн. рублей (в ценах до 1991 года).

В настоящее время предусмотрены проведение научных и научно-производственных работ в области разработки методов и средств интенсификации добычи нефти путем воздействия акустических полей на продуктивность коллектора; разработка геофизической автономной аппаратуры контроля по определению технического состояния эксплуатационных скважин.

На основании приведенного анализа работы эксплуатационного фонда нефтяных скважин производственного объединения "Нижневартовскнефть"

газ", установлено следующее:

1. Бездействующий фонд нефтяных скважин составляет в объединении примерно 30%. Основными причинами простоя скважин является следующее:

1.1. Техническая неисправность подъемного нефтепромыслового оборудования.

1.2. Ухудшение коллекторских свойств прискваженной зоны пласта за счет ухудшения её фильтрационно-емкостных параметров в результате загрязнения пор коллектора механическими примесями, солеотложениями, смолами, парафином, асфальтенами.

2. Снижение дебита по нефти работающих скважин относительно проектно-расчетных геологических параметров без существенного снижения пластового давления. Причины снижения дебита в основном аналогичны указанным выше (п.1.2). Кроме того, в результате гидратирования образуются стойкие зоны кольматации, которые резко снижают гидродинамическую связь скважина-пласт.

Для частичного разрешения указанных проблемных вопросов, осложняющих процессы разработки и эксплуатации обсаженных нефтяных скважин, предлагается метод и технология акустического воздействия на прискваженную зону пласта. Эта технология прошла промышленные испытания и опробирование в Нижневартовском регионе Научно-производственным инженерным центром, показала свою высокую эффективность по интенсификации добычи нефти и требует своего широкого внедрения на нефтепромыслах Западной Сибири.

В основу предлагаемого метода положен ряд физических эффектов, возникающих при взаимодействии мощного акустического поля с пористой средой и насыщающих её флюидов:

- увеличение проницаемости пористой среды;
- разложение и очистка от гидратов, солеотложений, смол, асфальтенов;
- разрушение кольматанта;
- увеличение температуропроизводительности;
- снижение вязкости нефти.

В результате практического применения метода технологии акустического воздействия на нефтепромыслах Западной Сибири установлено, что продуктивность скважин увеличивается в среднем на 20% с временем наработки скважины с повышенным дебитом - 4,5 месяцев.

УДК 621.791.927.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ СХЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
СКОРОСТИ ПОДАЧИ ВОЛНОВОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ
НАПЛАВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

М. М. Севернев (АН РБ), Н. Ф. Дугаков,

В. И. Ивинский, С. А. Стукин (БАТУ),

В. П. Иванов, В. И. Семенов (Полоцкий АРМЗ),

А. В. Костюченко (БАТУ)

Разработанная система состоит из асинхронного двигателя, индуктивного датчика, схемы пуска и регулирования и автоматического включения. Схема пуска может быть релейно-контактной или бесконтактной. Схема управления состоит из блока питания, индуктивного датчика, двухкаскадного усилителя низкой частоты, собранного на транзисторах и мостика.

Система обеспечивает непрерывное регулирование частоты вращения в пределах $\pm 30\%$ от номинальной частоты.

Проволока-волновод помещается на край воздушного промежутка индуктивного датчика, который представляет собой ферритовое кольцо с вырезом. На кольцо намотана обмотка. При колебаниях проволоки изменяется величина магнитной проницаемости ферритового сердечника, а в обмотке сердечника индуцируется ЭДС, частота которой соответствует частоте колебаний проволоки. Наведенная ЭДС усиливается двухкаскадным усилителем низкой частоты и интегрируется цепочкой RC. Положительное смещение поступает от интегрирующей цепочки через потенциометр на базу транзистора, который в зависимости от величины амплитуды колебаний при постоянной частоте отпирается больше или меньше. С диагонали моста на базы двух транзисторов поступает напряжение противоположной полярности в результате чего один из транзисторов отпирается, а другой подзакрывается. Вследствие этого изменяется время заряда и разряда конденсатора, т.е. мультивибратор будет генерировать импульсы разной длительности. Заданное значение частоты вращения определяется потенциометром. При изменении резонансной длины проволоки волновода вследствие выхода из расплава или, наоборот, слишком сильного заглубления в расплав, изменяется амплитуда колебаний проволоки и соответственно этому частота вращения двигателя и скорость подачи проволоки. Схема управления разработана и испытана в БАТУ.

В постановке работы и обсуждении результатов принимал участие д. т. н., проф. А. С. Шилев.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ СХЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ПОДАЧИ
ВОЛНОВОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ
НАПЛАВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

И. М. Севернев (АН РБ),

Н. Ф. Лугаков, В. И. Ивнинский, С. А. Стукин

В. П. Иванов, В. И. СЕМЕНОВ (Полоцкий АРМЗ),

А. В. Костюченко (БАТУ)

Разработаны две следящие системы с токовыми датчиками: релейно-контакторная и схема с бесконтактными элементами в силовой цепи. С целью упрощения схемы и повышения надежности её работы в схемах управления обоих вариантов используются герконовые реле.

Релейно-контакторная система состоит из трехфазного асинхронного электродвигателя, автоматического выключателя, разделительного трансформатора, выпрямителя, фильтра, схемы управления с датчиком тока и схемы динамического торможения.

В схеме с бесконтактной силовой частью использован тиристорный коммутатор в сочетании со схемой динамического торможения, управляемой фазосдвигающей RC цепочкой.

Проведен расчет элементов электрической схемы.

При наплавке под слоем флюса в приграничной зоне мельчайшие частицы металла проникают в расплавленный флюс, разрушая четкое разделение этих двух материалов. Наличие такого "переходного" слоя в отдельных случаях может вызвать ложное срабатывание схемы.

Испытания релейной схемы слежения проводились на модели в лабораторных условиях и на действующей установке в производственных условиях.

Релейная схема слежения может использоваться на производстве. Её преимущества – простота, надежность и дешевизна. Её недостатком является наличие необлученных зон расплава, что снижает эффект использования ультразвука.

В постановке работы и обсуждении результатов принимал участие д. т. н., проф. А. С. Шилев.

УДК 621.791.927.5

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ С ВВОДОМ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

*А. С. Шляев, Н. Ф. Лугаков В. И. Ивинский,
С. А. Стукин (БАТУ)*

Анализ современного состояния наплавки показывает, что наибольшее распространение в машиностроении и технологии восстановления изношенных деталей машин получила электродуговая наплавка.

Однако, электродуговая наплавка, как и другие виды наплавки, имеет ряд существенных недостатков, основным из которых является низкая износостойкость наплавленного слоя. Этот недостаток объясняется некачественной подготовкой расплава к затвердеванию, вследствие чего в затвердевшем металле возникают поры, трещины, большое количество неметаллических включений, неравномерное распределение по объему наплавленного слоя компонентов расплава.

Для улучшения качества наплавки в последние годы все большее применение находит электродуговая наплавка в ультразвуковом поле. Преимущество ее перед обычной электродуговой наплавкой состоит в том, что в результате ультразвуковой обработки расплава существенно улучшаются эксплуатационные свойства наплавленного металла.

Кроме этого, для создания таких свойств покрытий как прочность, пластичность, износостойкость, фрикционность, антифрикционность, коррозионностойкость и т. д., в сварочную ванну могут вводиться различные присадки, в частности твердые частицы.

Проведенные исследования показали, что, если в жидкой среде находятся твердые частицы, то за счет акустических потоков частицы разносятся и равномерно распределяются в объеме обрабатываемого ультразвуковыми колебаниями жидкой среде, если процесс происходит в жидком металле, то, естественно, в этом случае за счет интенсификации в ультразвуковом поле диффузии, диспергирования и акустических потоков происходят модификация и легирование металла атомами твердых частиц, приводящие к его структурным изменениям. При этом процессе увеличивается число активных центров кристаллизации.

Сохранившиеся частицы при затвердевании металла фиксируются в матрице металла. Разработанный процесс нанесения износостойкого слоя при изготовлении и ремонте деталей машин путем ввода в наплавляемый металл твердых частиц позволяет в пять и более раз уменьшить износ покрытий по сравнению с обычной технологией.

УДК 621.9.048.6

**БЕЗАБРАЗИВНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛА - ОДНА ИЗ ВЕДУЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ
В 21 ВЕКЕ**

Ю. В. Холопов (СЗПИ РФ)

Как известно, в машиностроении, а также и во всех отраслях промышленности, занимающихся обработкой металлов, финишные операции наиболее трудоемки и дороги. Использование абразива разупрочняет поверхностную структуру, снижает усталостную прочность изделий. Одна из перспективных технологий, позволяющих получать поверхность металлов с $Ra\ 0,04-0,1$ с одновременным упрочнением структуры - безабразивная ультразвуковая финишная обработка металлов (БУФО).

Новая технология родилась на базе известных элементов техники и технологии ультразвука. Например, ультразвуковой сварки пластмасс и металлов, мойки, обезжиривания, гидроакустикой и т.п.

В Центре ультразвуковых технологий при СЗПИ разработаны и предлагаются к использованию малогабаритные комплекты технологического оборудования для безабразивной ультразвуковой финишной обработки металлов. Комплекты собираются на базе типовых станков для металлообработки, например, токарных, строгальных, шлифовальных и др., и превращают эти станки фактически в многооперационные.

Технология БУФО может быть использована во всех отраслях промышленности, занимающихся металлообработкой.

Основные преимущества новой технологии следующие: после обработки поверхности металла резцом возможно получение 10 класса чистоты с $Ra = 0,04-0,1$ мкм. Возможна параллельная работа резца и излучателя ультразвука; микротвердость обработанного слоя, по сравнению с исходной, увеличивается на 50-120%, повышается усталостная прочность изделия.

Новым способом обрабатывается подавляющее большинство известных марок сталей, особенно хорошо медь, алюминий, их сплавы и другие цветные металлы.

При использовании нового метода исключается тяжелый ручной труд при полировке различных изделий, применение традиционных абразивных материалов - абразивных лент, кругов, паст, войлока, фетра и т.п. и, в ряде случаев, шлифовальных станков. Естественно, исключается внутрицеховая транспортировка деталей, возможные припуски, экономятся произ-

водственная площадь, электроэнергия, специалисты-шлифовщики.

При крупносерийном производстве возможна автоматизация и роботизация процесса.

В центре разрабатывают конкретные технологии БУФО по заказам предприятий, принимают заказы на переоснащение уже имеющегося станочного парка комплектами технологического оборудования БУФО.

Техническое решение ряда элементов, устройств комплектов технологического оборудования имеет ряд ноу-хау.

УДК 539.374

СТАХОСТИЗАЦИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ СРЕДАХ

А. В. Чигарев (БГПА), Ю. В. Чигарев (БАТУ)

Исследуется динамика волнового процесса в неоднородной упруговязкопластической среде. Неоднородность обусловлена зависимостью параметров среды от пространственных координат. Определяющие соотношения среды выписываются согласно теории течения.

Пусть неоднородное тело занимает область полупространства $X \geq 0$. Возмущение приложено к границе S ($X = 0$) в точках $X=0$. Возмущение в среде распространяется в виде поверхности скачка возмущений. Предполагается, что величины основного напряженного и деформированного состояния непрерывны при переходе через поверхность скачка возмущений. Показано, что возмущения распространяются в виде продольной и плоской волны, которые зависят от параметров внутренней геометрии поверхности скачков, модулей свойств среды, основного напряженного состояния и координат выбранной траектории. К этим уравнениям добавляются уравнения геометрии и уравнения траектории, вдоль которой рассматривается изменение возмущений. За счет неоднородной среды и основного напряженного состояния траектория отклоняется от прямолинейной. Рядом преобразований уравнение траектории приводится к уравнению типа Дуффинга, правая часть которого представляется в виде δ -функции. Для амплитуд и фаз выписаны уравнения в конечных разностях, которые исследуются на вопрос стохастизации процесса. Приведен критерий стохастичности.

УДК 621.778

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ОЛОВЯННО-СВИНЦОВОГО ПРИПОЯ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В. В. Клубович, В. В. Рубаник, В. В. Рубаник,
А. О. Филимоненков (ИТА АНБ)

Особенностью деформации свинцово-оловянистого припоя с канифольным заполнением является то, что порошок канифоли нельзя рассматривать как сыпучее тело. Это обусловлено тем, что в процессе волочения под действием ультразвуковых колебаний происходит разогрев припоя в очаге деформации до температуры близкой к температуре плавления канифоли, и последняя ведет себя как жидкость.

С учетом изложенного, в настоящей работе путем совместного решения уравнения равновесия элемента проволоки в очаге деформации и условия пластичности определено усилие волочения. Условие пластичности записывали в виде

$$\sigma_{\theta\theta} + \sigma_k + \sigma_{\phi\phi} = Y\sigma_s, \text{ где}$$

- $\sigma_{\phi\phi}$ - главное радиальное напряжение в оболочке;
 - $\sigma_{\theta\theta}$ - главное продольное напряжение в оболочке;
 - σ_s - усредненный предел текучести материала оболочки;
 - Y - коэффициент, учитывающий влияние третьего главного напряжения
- $Y = 1.0 - 1.15$

Уравнение для определения усилия волочения имеет вид

$$P_{вол} = \frac{A \cdot \sigma_s \cdot Y - \sigma_k (B + A \cos \alpha)}{A - 1} \left[1 - \frac{F_1}{F_0} \right]^{A-1} \cdot F_1, \text{ где}$$

- F_1 - площадь сечения оболочки на выходе из очага деформации;
- F_0 - площадь сечения оболочки на входе в очаг деформации;
- σ_k - знакопеременные напряжения, возникающие в оболочке при волочении за счет ультразвуковых колебаний.

$$b_k = b_A \cos \omega t,$$

где

b_A - амплитуда знакопеременных колебаний

$$b_A = \frac{4\pi}{\lambda} A^\circ E,$$

где

λ - длина волны ультразвуковых колебаний в материале оболочки проволоки;

A° - амплитуда смещений в продольной стоячей волне;

E - модуль Юнга материала оболочки проволоки;

A, B - константы, полученные из геометрических соображений

$$A = \frac{Dx \operatorname{tg} \alpha - f_1 Dx - k dx \operatorname{tg} \beta}{Dx \operatorname{tg} \alpha - dx \operatorname{tg} \beta}$$

$$B = \frac{Dx}{(Dx \operatorname{tg} \alpha - dx \operatorname{tg} \beta) \cos \alpha}$$

Усилие волочения, рассчитанное по данной формуле, отличается от экспериментального на 5 - 10%.

УДК 621.778

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЦЕСС ВОЛОЧЕНИЯ И СВОЙСТВА ТИТАН-НИКЕЛЕВОЙ ПРОВОЛОКИ

В. В. Клубович, В. В. Рубаник,

А. О. Филимонов (ИТА АНБ)

В работе приведены результаты исследований процесса волочения с наложением ультразвуковых колебаний (УЗК) из никелида титана, материала, который в обычных условиях деформируется с малыми обжатиями.

Проволоку из нитинола в аустенитном состоянии диаметром 1.00 мм предварительно отжигали при температуре 550° С в течение 30 минут на воздухе. После отжига осуществляли волочение с применением УЗК и в обычных условиях через волокна типа СКМ. Источником ультразвука служил

магнитострикционный преобразователь ПМС15А-18 питаемый от генератора УЗГ2-4М. Амплитуда смещений на торце волновода составляла 10 мкм. В качестве смазки использовали масло МС-20 с добавлением 2% дисульфида молибдена. После волочения исследовали величину упругого возврата и микроструктуру. Величину упругости определяли по формуле:

$$\gamma_u = \frac{D_k - D_b}{D_k} * 100\%$$

где

D_k - диаметр проволоки после волочения, D_b - диаметр канала волоки.

Для изучения степени влияния ультразвуковых колебаний на механические свойства протягиваемого металла проводили сравнительные испытания на разрыв его после волочения в обычных условиях и с наложением УЗК на образцах никелида титана с рабочей частью 10 см.

Анализ результатов механических испытаний проволоки из никелида титана показывает, что проволока, протянутая в обычных условиях и с наложением ультразвуковых колебаний, имеет практически одинаковые прочностные свойства. Существенных отличий в микроструктуре также не наблюдается.

Однако после волочения с ультразвуком величина упругого возврата Т1-М1 проволоки меньше, чем после волочения в обычных условиях. С ростом степени деформации до определенных значений наблюдается увеличение упругих свойств проволоки независимо от условий деформации, а затем степень упругого возврата снижается. Разные значения величин упругого возврата при волочении с наложением УЗК, вероятно, связаны с дополнительным разогревом в очаге деформации за счет энергии акустических колебаний.

УДК 621.785

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ВОЛОЧЕНИЯ С УЛЬТРАЗВУКОМ

В. В. Рубаник, Ю. В. Царенко,

В. П. Бобров (ИТА АНБ)

Для нержавеющей стали аустенитного класса типа 12Х18Н10Т упрочнение при пластической деформации связано с протеканием мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Количество мартенситной фазы, образующейся в процессе деформации, определяется как знаком напряжений, действующих в очаге деформации, так и степенью и температурой деформации.

В работе приведены результаты исследований по волочению проволоки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т диаметром 1...2 мм, а также кабеля диаметром 1,5...2,0 мм, конструктивно состоящего из токопроводящей жилы из стали 12Х18Н10Т, помещенной в оболочку из такой же стали, между которыми засыпан порошок окиси магния. Указанные материалы предварительно отжигали в проходной печи при температуре 1000°C в атмосфере водорода. Для возбуждения ультразвуковых колебаний волоку из твердого сплава закрепляли в волноводе в пучности продольных ультразвуковых смещений.

Исследования микроструктуры образцов после волочения с ультразвуком свидетельствуют о меньшем содержании мартенситной фазы. Рентгеноструктурный анализ образцов стали 12Х18Н10Т также показывает о снижении количества мартенсита после волочения с ультразвуком до 30%. Этот факт, вероятно, связан с тепловым действием ультразвуковых колебаний. Локальный нагрев в очаге деформации приводит к торможению $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Наиболее существенное различие в содержании α -фазы наблюдается после обжатий 15...20%. Последующая термообработка в проходной печи приводит к формированию полной аустенитной структуры независимо от условий предыдущей деформации.

Таким образом, использование ультразвуковых колебаний при волочении аустенитных сталей типа 12Х18Н10Т позволяет уменьшить фазовый наклеп за счет торможения $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и тем самым создает предпосылки для увеличения единичных и суммарных обжатий.

УДК 539.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ УДАРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СВАРКИ ВЗРЫВОМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Г. В. Смирнов, И. А. Самарин,

А. Д. Шуганов (НИИ импульсных процессов)

Широкое промышленное внедрение разнообразных методов ультразвуковой обработки сдерживается недостаточной производительностью и малой надежностью серийно выпускаемой техники, и, в частности, неудовлетворительным качеством электроакустических преобразователей.

В работе приведены результаты исследований по созданию новых композиционных материалов на основе легких сплавов и коррозионностойких металлов методом сварки, штамповки и упрочняющей термомеханической обработки взрывом. Представлен опыт внедрения акустических систем, состоящих из большого числа пьезокерамических преобразователей с четвертьволновыми частотопонижающими накладками Ланжевена из сплавов близких по акустическим свойствам к пьезокерамике, металлургически связанными с излучающей панелью из металла типа титана, нержавеющей стали или любого другого материала специального назначения. В результате оказалось возможным создание совместно с разработчиками современной генераторной техники единственного в своем роде комплекса установок жидкофазной обработки с акустической мощностью излучения более 60 Вт/л в объеме жидкости до 500 л и более.

Основные технические данные типичных установок приведены в таблице.

Емкость, л	Габаритные размеры, мм	Количество излучателей, шт.	Частота УЗ колебаний, кГц	Мощность УЗ колебаний, Вт/л
1	100*120*140	1	44	25
3	140*170*180	2	40-50	25
10	220*280*200(Ф218)	4-6	40-50	25(50)
20	275*375*300(Ф270)	6-7	40-50	25
30	330*390*300(Ф380)	13-19	40-50	25(60)
100	400*480*400	36	40-50	25
500	800*900*1300	72-154	40-50	-

УДК 621.644:621.791.05

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ УСТАНОВКА
КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ТРУБОПРОВОДОВ**

Ю. Ш. Голанд, И. М. Дробь,

М. В. Самоделко (БГПА)

Разработан и испытан в производственных условиях образец системы, предназначенный для осуществления в процессе строительства, ремонтных и профилактических работ автоматизированного УЗ контроля трубопроводов диаметром 89 - 530 мм, толщиной 3,5 - 22 мм с отображением распределения дефектов в плане шва и по его глубине с выдачей заключения о качестве сварного соединения.

Основными составными частями УЗ-системы являются серийный дефектоскоп типа УД2-12, концентратор, сканирующий механизм и источник питания, вспомогательными - принтер, видеомонитор, магнитофон. Переносным блоком является сканирующий механизм, соединительный кабель которого позволяет осуществлять контроль объектов на удалении до 25 м от остальных составляющих УЗ-системы. Питание УЗ-системы в составе передвижной дефектоскопической лаборатории осуществляется от бортовой сети автомобиля (12 В постоянного тока), в стационарных условиях - от сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Работа УЗ-системы основана на механизированном сканировании сварного соединения пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП), приеме эхо-импульсов от дефектов, запоминании их амплитуды, времени запаздывания и положения (координат) ПЭП относительно оси шва и начальной точки контроля, формировании изображения сканограмм и выдаче заключения о качестве (годен, не годен) сварного стыка в соответствии с критериями ВСН 012-88. Заключение содержит также данные о каждом из выявленных дефектов; положение относительно начальной точки контроля, протяженность, глубина, амплитуда эхо-импульса, тип (протяженный, непротяженный), признак (годен, не годен). По заданным параметрам объекта контроля (диаметр трубы, толщина стенок, полуширина шва, стрела преобразователя) УЗ-система выдает рекомендации оптимального режима контроля (угол ввода, частота ПЭП, размах поперечного сканирования, начальное положение ПЭП относительно оси шва).

УДК 534

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

П. П. Савицкий, А. В. Костюченко (БАТУ)

В работе определялась скорость распространения упругих колебаний в ферритовых образцах. Рабочая установка состояла из звукового генератора ЗГ-34 и магнитострикционного излучателя, состоящего из катушки индуктивности и ферритового стержня.

Электрические колебания от генератора подаются на магнитострикционный излучатель. Намагничивание стержня приводит к возникновению упругих напряжений и деформаций, вызывающих изменение его геометрических размеров, меняющихся в соответствии с изменением величины переменного магнитного поля. В результате стержень начинает совершать продольные механические колебания. Резонанс в стержне наступает в том случае, когда длина стержня равна целому числу длин полуволн. Определив резонансную частоту основного тока и зная длину исследуемого образца, вычисляют скорость распространения упругих колебаний по формуле:

$$C_{np} = 2le_{рез}, \text{ где}$$

C_{np} - скорость распространения продольных упругих колебаний;

l - длина исследуемого образца;

$f_{рез}$ - резонансная частота.

Момент возникновения резонанса можно достаточно точно фиксировать по интенсивности распыления капли воды, нанесенной на торец стержня, расположенного в вертикальном положении.

УДК 532.59

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТЯХ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ НА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РЕШЕТКЕ

А. С. Шияев, Н. Ф. Лузиков, Е. А. Магер (БАТУ)

Оптический метод измерения скорости ультразвуковых волн в жидкостях основан на явлении дифракции света на ультразвуковых волнах (акусто-оптическая дифракция). Его можно использовать для постановки студенческой учебно-научно-исследовательской работы.

Излучаемые в жидкость продольные волны вызывают изменяющееся звуковое давление.

Под действием звукового давления происходит изменение плотности жидкости, что в свою очередь приводит к изменению показателя преломления. Таким образом, под действием звуковой волны в среде возникает структура, аналогичная дифракционной решетке, которая обладает периодичностью ультразвуковой волны.

В отличие от обычной плоской штриховой решетки, ультразвуковая решетка является объемной "слоистого" типа, причем, в случае гармонических колебаний показатель преломления в направлении распространения волны изменяется.

Лабораторная установка состоит из лазера, который используется в качестве источника света с заданной длиной волны. Он создает параллельный пучок света, попадающего в кювету с плоскопараллельными стенками, заполненную исследуемой жидкостью.

Генератор питает излучатель, в качестве которого можно использовать титанат бария. Частота колебаний генератора контролируется частотомером.

УДК 34.232-8

НОВОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

И. В. Петушко (ВНИИТВЧ)

К настоящему времени Всероссийский научно-исследовательский институт токов высокой частоты (ВНИИТВЧ) разработал и произвел замену практически всего, выпускаемого ранее его заводами, ультразвукового (УЗ) технологического оборудования.

Для работы с жидкими средами изготавливаются УЗ ванны объемом 0,1; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; 40,0 и более литров, установки с погружными распределенными излучателями мощностью от 0,5 до 50 кВт и стержневыми излучателями (УЗ диспергаторы) от 40 до 2500 Вт. Это оборудование предназначено для очистки и обезжиривания деталей точной механики, оптики, электроники, автомобилей, самолетов, судов, ювелирных изделий, медицинских инструментов, котлов и другого теплообменного оборудования от накали, проката металлов, обработки биологических и химических веществ: лекарственных и парфюмерных препаратов, продуктов питания, семян растений и т.п.; ускорения химических и физических процессов.

Институт выпускает станки мощностью от 0,1 до 2,5 кВт для размерной обработки твердых и хрупких материалов, таких как: стекло, керамика, ферриты, природные камни и т.п.; УЗ устройства для полировки, упрочнения, гравировки поверхностей металлов и снятия напряжений в сварных швах.

Выпускаются также УЗ машины мощностью от 0,1 до 2,5 кВт для сварки изделий из металлов, твердых и мягких термопластичных материалов (детские игрушки, детали радиоаппаратуры, электротехники, автомобилей, элементы одежды, парники, накидки, фильтры и т.п.).

Возможна поставка отдельных устройств УЗ оборудования: генераторов мощностью 0,04; 0,1; 0,25; 0,4; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 25,0 кВт (наиболее распространенные модели приведены в табл.), пьезокерамических и магнитострикционных преобразователей. С заказами обращаться по тел. (812) 316-88-53, 106-81-39. Срок поставки от 1 до 24 недель.

Тип генератора	Выходная мощность, кВт	Рабочая частота, кГц	Габаритные размеры, мм	Вес, кг
УЗГ13-0,1/22	0,1	18,22	310*285*140	10
УЗГ1-0,16/22	0,16	18,22	275*250*82	3
УЗГ8-0,4/22	0,4	18,22	285*360*180	10
УЗГ16-1,6/22	1,6	18,22	285*500*500	26

УДК 621.373.019.3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

А. С. Шляев, С. А. Хохряков (БАТУ)

Современное широкое развитие преобразовательной техники (ПТ) казалось бы должно поставить точку над вопросами ее конструирования. Однако, до сих пор, проектирование ПТ в каждом конкретном случае вызывает определенные трудности. Это особенно касается ультразвуковых генераторов (УГ) с их характерными режимами эксплуатации.

Наличие переменной нагрузки с изменяющимися в процессе работы фазовыми, частотными, емкостными и индуктивными параметрами изменяет динамические параметры выходных транзисторов и создает именно в УГ наибольшее число критических режимов по сравнению с остальной ПТ.

Попытки защитить устройства с помощью отдельных решений, как-то: введения схем защиты, усиления и резервирования мощности выходных каскадов, смещения границы ОБР выходных транзисторов, ограничения диапазонов выходных параметров за счет снижения КПД и др. дает лишь частный эффект в каждом конкретном случае использования УГ. Кроме того, увлечение конструированием УГ без силовых трансформаторов резко уменьшает возможности ограничения скорости нарастания тока, что сводит к минимуму использование остальных решений.

Основные принципы повышения надежности УГ можно привести на примере конструкций генераторов модели "ВНТ", в которых имеется сетевой трансформатор, почти отсутствует сквозной ток, максимально учтена ОБР транзисторов, имеется защита от перегрузок по току, установлена система стабилизации коэффициента насыщения транзисторов, имеется плавная регулировка частоты и пр., габариты на 500 Вт (420*200*150) мм.

Кроме того, разработаны практические решения, позволяющие модернизировать действующие генераторы, что создает возможность эффективно использовать устаревшее оборудование.

УДК 620.179.16

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА С ДВУМЯ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА

В. М. Добрянский, Ан. С. Рубанов (БАТУ)

При исследовании сильнопоглощающих (с коэффициентом поглощения акустических колебаний $\alpha > 1\text{м}^{-1}$) сред использование традиционных методов, основанных на амплитудных и фазовых измерениях коэффициента поглощения и скорости распространения акустических волн, вызывает определенные трудности. В создании большой амплитуды зондирующего сигнала, что, в свою очередь, вносит погрешность в определение этих параметров. В докладе приводятся результаты теоретического анализа выходных характеристик акустического интерферометра с плоскопараллельным резонатором и двумя излучающими преобразователями, анализируются соотношения, описывающие его амплитудную (АХ) и фазовую (ФХ) характеристики.

Показано, в частности, что использование в качестве излучающего и второго (приемного) преобразователя повышает информативность АХ и ФХ по сравнению с интерферометром с одним излучающим преобразователем. На основе теоретического анализа АХ указанного типа интерферометра разработан способ определения коэффициента поглощения α акустических колебаний в веществе. Определение по указанному способу производится по измерению отношения амплитуд излучаемых (ξ_{01} и ξ_{02}) и принимаемых (ξ_{p1} и ξ_{p2}) колебаний первым и вторым преобразователями, соответственно по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{1}{L} \operatorname{arch} \left[\frac{\xi_{01}}{\xi_{02}} \left[\frac{\xi_{p1}}{\xi_{p2}} - 1 \right] \right]$$

при расстоянии L между преобразователями и частоте ω излучаемых колебаний, выбранными из условий

$$\frac{2\omega L}{V} = 2\pi\eta,$$

где $\eta = 2k + 1$, $k = 1, 2, \dots$; V - скорость распространения акустических колебаний в исследуемой среде; $\bar{r}_1 = \bar{r}_2 = 1$; $\bar{r}_1$ и $\bar{r}_2$ - комплексные коэффициенты отражения колебаний от преобразователей.

УДК 621.179.16

**КАМЕРА ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ
ПРОДОЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА
ОСНОВЕ ДИАТОМИТА**

**В. М. Добрянский, Ан. С. Рубанов, Е. В. Коробко,
И. Н. Лобанок (БАТУ)**

Описывается измерительная камера с устройством ввода (две модификации) продольного электрического поля высокой напряженности, обеспечивающая измерения коэффициента поглощения акустических колебаний и его изменения в сильнопоглощающих средах при различных температурах в частотном диапазоне от 0,8 до 5 МГц.

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния электростатического поля на коэффициент поглощения акустических колебаний в электрореологической жидкости на основе диатомита при различных концентрациях наполнителя. Анализ экспериментальных данных показал, что хотя измерения проводились на низких частотах, составляющая коэффициента поглощения, обусловленная объемной вязкостью, в присутствии электростатического поля меняет знак, что не может быть объяснено в рамках классической модели.

Рассматривается теоретическая модель, описывающая физико-механические свойства исследованного типа электрореологической жидкости.

УДК 534.08:620.179

**УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ МЕТОДЫ
ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ И СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

В. И. Крылович, П. Н. Логвинович (ИТМО АНБ)

Нестационарные частотные методы основаны на использовании эффекта смещения частоты непрерывных волн, возникающего при их распространении в среде, свойства которой изменяются во времени. Изменяемый сигнал формируется из опорного в первичном измерительном преобразователе, представляющем собой излучатель и приемник ультразвуковых волн. При этом информацией обладает величина отличия частоты измерительного сиг-

нала от частоты опорного, вызываемого изменением во времени одного, либо нескольких факторов, например:

- свойств контролируемого материала;
- параметров датчика вследствие относительного изменения пространственного положения контролируемого объема и датчика;
- параметров датчика при сканировании его по поверхности материала вследствие пространственной неоднородности свойств последнего;
- параметров возбуждающего датчика сигнала.

Поэтому в зависимости от используемой методики можно измерять:

- скорость и величину изменения, а также абсолютную величину контролируемого параметра;
- величину собственных параметров датчика и т.д.

Соответствующие измерительные средства содержат, как правило, генератор, гармонический сигнал с которого подается на вход измерительного преобразователя и служит опорным для последующих блоков преобразования и измерения частоты и частотный компаратор, умножающий разность частот измерительного и опорного сигналов, а также другие блоки и устройства в зависимости от решаемой задачи, в том числе ППЭВМ.

Нестационарные частотные методы измерения и контроля, благодаря высоким информационной способности и помехозащищенности, позволяют значительно повысить точность измерений по сравнению с амплитудными, фазовыми и резонансными частотными методами.

УДК 546.273.171

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ КАМЕР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В. М. Добрянский, Е. Л. Магер (БАТУ)

Измерение акустическими методами упругих свойств материалов при высоких давлениях в диапазоне температур от гелиевых до комнатных усложняет задачу конструирования аппаратуры высокого давления, выбора давления передающей среды и ультразвуковой ячейки. Ультразвуковая измерительная ячейка обеспечивает крепление исследуемого образца, пьезокварцевых пластин X и Y-среза, возбуждение и прием ультразвуковых волн в исследуемом образце, проволочных датчиков давления, электровводов высокого давления. Устройство герметизации и электроизоляции электровводов содержит корпус с коническими от-

берстиями, конусную вставку, уплотняющий электроизолирующий переходник. Коническое отверстие в корпусе электроввода выполнено диаметром D , высотой H , телесным углом α . Коническая вставка имеет диаметр основания d , высоту h , телесный угол β , причём $\alpha > \beta$ в 1,05...1,1 раза, $H < h$ в 0,8...0,85 раза, $D = d$, а соотношение H и D определяется выражением:

$$H = D/2(1 - \sqrt{1 - k}) \operatorname{ctg} \alpha/2,$$
 $\alpha/2$ - равен углу трения уплотняющей электроизоляционной прокладки по металлическому корпусу, коэффициент умножения давления в прокладке $k = 1,05...1,2$. Запрессовка конусной вставки с электроизоляционной фторопластовой прокладкой в ответное коническое отверстие производится усилием

$$F = k P d^2 / 4,$$
 где P - давление среды передающей давление в камере высокого давления. В ячейке осуществлялось механическое поджатие кварцевых пьезопреобразователей к исследуемому образцу. В качестве акустического контакта между пьезопреобразователем и образцом применяли водные растворы органических высокомолекулярных соединений, с температурой затвердевания около 0°C , что позволило обеспечить работу ячейки с продольными и поперечными волнами.

Работа ячейки в диапазоне $T = 4,2...400 \text{ K}$, $P = 1,5 \text{ ГПа}$ с газообразной гелиевой средой, передающей давление, показала ей надёжность и простоту эксплуатации.

УДК 537.612.62

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СПЕКАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ ВТСП-КЕРАМИК

В. М. Добрянский, В. Ф. Малишевский,
Е. Л. Магер, Г. М. Чобот (БАТУ)

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования термогравиметрии (ТГА), дифференциального термического анализа (ДТА), проведенных с использованием прибора "Derivatograph-C" и упругих характеристик ВТСП-керамики. Исходными компонентами керамики являлись Y_2O_3 , BaO и CuO чистотой не хуже ЧДА. Для проведения ТГА и ДТА из оксидов редкоземельных элементов, тщательно перемолотых, перемешанных, прокаленных, взятых в соответствующем стехиометрическом составе формировали навески массой, определяемой прибором автоматически $74,05 \text{ мг}$, которые помеща-

ли в платиновые тигли. Нагрев проводили в воздушной атмосфере со скоростью 10 град./мин. до температуры 900°C, выдерживали 5ч и охлаждали с той же скоростью. По результатам ДТА в исследованном интервале температур фазовых превращений не обнаружено. С помощью ТГА было обнаружено довольно заметное и обратимое удаление кислорода. Выше температуры 450°C образец постепенно теряет массу. Основная потеря массы, причем почти линейно, происходит при нагревании до температуры 900°C вследствие выделения кислорода из связи Si-O, составила 1мг от первоначальной. Максимальное поглощение кислорода при охлаждении происходит при температуре 400°C. Однако полного восстановления все-таки не происходит. Как известно, самые узкие переходы с наиболее высокими T_c показывают образцы, отожженные в кислородной среде при 900°C и медленно охлажденные до комнатной температуры. Однако образцы, спеченные на воздухе, с применением внешнего механического поджатия и ультразвукового воздействия, позволяют достичь более высокой плотности, 95% от теоретической равной 6.38г/см³. Вследствие пористости, наличия микротрещин, зернистости образцов возникают определенные трудности в определении абсолютных величин модулей Юнга E , сдвига G , объемного модуля упругости B . Температурные зависимости характеристик упругости определяли по температурным зависимостям скоростей распространения продольных V_l и поперечных V_t ультразвуковых волн. Ультразвуковые колебания частотой 5МГц возбуждались кварцевыми пьезопреобразователями X и Y срезов. В области температуры 200К зависимости $V_l(T)$ и $V_t(T)$ претерпевают характерные изменения наклона, характеризующие изменения, возникающие в кристаллической решетке, что в свою очередь проявляется на упругих характеристиках.

УДК 546.273.171;661.659:536.46

**УПРУГИЕ СВОЙСТВА СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА, СПЕЧЕННЫХ ПРИ
ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ**

**В. М. Добрянский, В. Б. Шупило,
Н. Г. Аниченко, Е. Л. Магер (БАТУ)**

Кубический нитрид бора (КНБ) является основой широко используемых в настоящее время режущих пластин, способных с высокой производительностью, точностью и чистотой обрабатывать различные по свойствам и применению материалы в металлорежущей и обрабатывающей промышленности, включая и сельскохозяйственную.

Возможность применения сверхтвердых материалов существенно расширяется при использовании композиционных материалов, основой которых являются микропорошки КНБ с наполнителем, спекающиеся при высоких давлениях и температурах.

В работе приведены результаты исследования упругих свойств, микротвердости и коэффициента вязкости разрушения композиционных материалов на основе кубического нитрида бора в зависимости от температуры спекания ($T_{сп} = 1100...1850^\circ \text{C}$) и уровня наполнителя (5... 40 мас.% AlN , TiN). Спекание проводилось при давлении порядка 5 ГПа в аппаратах высокого давления. Давление в камере определяли с точностью 4% по тарировочной кривой в зависимости от усилия пресса, построенной с использованием реперных точек $\text{BiI}-2.5$, $\text{BiII}-7.7$, $\text{PbSeI}-4.3$, $\text{PbSeII}-6.8$ ГПа. Температуру определяли с точностью 6% по Pt-Pt+Rh термопаре.

Показано, что с увеличением температуры в области порядка 1600...1850° С и с уменьшением содержания наполнителя в образцах их, упругие свойства (модуль Юнга E , модуль сдвига G , рассчитанные по скоростям распространения продольных и поперечных волн частотой 5 МГц и значениям плотности образцов, определенных гидростатическим взвешиванием) возрастают, достигая наибольших значений при максимальных $T_{сп}$ и наименьшем содержании наполнителя. Эти изменения упругих свойств коррелируют с изменениями микротвердости и коэффициента вязкости разрушения.

Указанные изменения свойств связываются, главным образом, с улучшением структурного совершенства КНБ. Роль наполнителя рассматривается с точки зрения регулятора уровня напряжений в зернах кубического нитрида бора и источника азота.

УДК 534.08

НЕТРАДИЦИОННЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД

В. И. Крылович, В. И. Дербан (ИТМО АНБ)

В докладе излагаются два нетрадиционных ультразвуковых метода, выдающие полезную информацию в частотном виде, позволяющие проводить акустические измерения с высокой точностью и быстродействием, существенно дополняющие один другого, т.к. один осуществляет относительные, а другой - абсолютные измерения. Их использование с учетом совместимости средств измерений позволяет наиболее эффективно осуществлять акустические измерения.

Первый - нестационарно-частотный метод измерений - основан на применении нестационарного эффекта Доплера, у которого, в отличие от обычного, кинематического эффекта, частотный сдвиг не связан с относительным движением источника и приемника, а обусловлен изменением во времени свойств среды, определяющих скорость распространения волнового процесса.

Второй - основан на использовании принципа генератора с задержанной обратной связью. Частота такого генератора определяется параметрами цепи обратной связи (временем задержки) и почти не зависит от характеристик используемого усилителя. Чувствительный элемент в виде ультразвуковой линии задержки включен в цепь обратной связи и частота возникающих в генераторе колебаний несет информацию о контролируемом физическом параметре.

Обсуждаются основы теории, разрешающая способность методов, принципы построения измерительных устройств.

Приводятся блок-схемы измерительных устройств, реализующие указанные методы, и результаты экспериментальных исследований для жидких сред.

УДК 539.32.548

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И БАРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТЕЙ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В ВТСП-КЕРАМИКЕ**

В. М. Добрянский, Е. Л. Магер,

В. Ф. Малишевский, З. В. Межевич (БАТУ)

Приведены результаты исследований керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, полученной методом горячего прессования в температурном интервале 400...950°C. Рентгено-фазовый анализ показал, что образцы представляют собой практически однофазный металлооксид с орторомбической структурой с температурой сверхпроводящего перехода $T_K=93\text{K}$. Скорости продольных и поперечных упругих волн измерялись в интервале температур 77...273K и давлений до 1ГПа. Измерения проводились импульсным методом на "просвет". Непосредственно измерялась частота следования ультразвуковых эхо-импульсов. В связи с тем, что зернистая структура образцов приводит к значительному рассеянию ультразвуковых волн и взаимному преобразованию колебательных мод на зернах, в образце возникает сложная интерференционная картина, затрудняющая процесс измерений. Для получения надежных результатов ультразвуковые волны генерировались в образце кварцевыми пьезопреобразователями. Частота генерации снижена до 5МГц. Акустическим контактом служил водный раствор высокомолекулярного вещества с температурой затвердевания -0°C, одинаково хорошо передающий колебания продольной и поперечной мод. Согласование высокого выходного сопротивления приемного пьезопреобразователя с низким волновым сопротивлением коаксиального кабеля выполнено с помощью полевого транзистора, охлажденного до низкой температуры, с целью снижения собственных шумов. Обнаружено характерное размягчение скорости звука, причем температура структурного перехода во всех случаях заметно превышает температуру сверхпроводящего перехода. В области температур 200K наблюдается изменение наклона кривых зависимостей скоростей продольных $V_l(T)$ и поперечных $V_t(T)$ ультразвуковых волн. С увеличением гидростатического давления до $P=1\text{ГПа}$ скорости распространения упругих волн $V_l(P)$ и $V_t(P)$ линейно возрастают. Причем с понижением температуры до 77,4K угол наклона зависимости уменьшается.

Полученные данные позволили рассчитать параметры, определяющие динамическое состояние кристаллической решетки соединения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в температурном интервале 4,2...270 K при давлении до 1ГПа.

УДК 539.32

**СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ
УЛЬТРАЗВУКА В ВТСП-КЕРАМИКАХ**

В. М. Добрянский, Е. Л. Мазер (БАТУ)

Определение модулей упругости ВТСП-керамик связано с измерением скоростей распространения упругих волн по времени прохождения ультразвука через исследуемый образец. В материал излучают ультразвуковые зондирующие импульсы, принимают эхо-сигналы и сравнивают фазу одного из эхо-сигналов первого зондирующего импульса с фазой следующего по порядку эхо-сигнала второго зондирующего импульса, изменяют период следования зондирующих импульсов до получения синфазности сравниваемых эхо-сигналов. По полученному значению периода следования зондирующих импульсов судят о контролируемом параметре. Таким образом сравнивают фазу n эхо-сигнала N зондирующего импульса с фазой $n+K$ эхо-сигнала $N+k$ зондирующего импульса.

Схема установки содержит последовательно соединенные генератор прямоугольных импульсов, формирователь импульсов управления генератором синусоидальных колебаний, электроакустический преобразователь, усилитель и осциллограф, вход запуска развертки которого подключен к входу формирователя, частотомер, подключенный к выходу генератора.

Способ обеспечивает возможность измерения времени прохождения ультразвука в образце с размерами порядка 1,5...2 мм, обладающих высокой скоростью ультразвука. Воздействие внешних условий (температура, давление) приводит к изменению величины скорости ультразвука, а следовательно, времени t прохождения эхо-сигнала. При многократном $2t$, $3t$ - прохождении эхо-сигнала, изменяющаяся величина скорости ультразвука увеличивается, следовательно, будет измерена с большой точностью. Это происходит потому, что при многократном отражении ультразвука в образце удлиняется в целое число раз акустическая база измерения и совмещение нескольких эхо-сигналов разных серий эхо-отражений приводит к более точной синфазности совмещения.

Данный способ был реализован непосредственно для исследования физико-механических свойств материалов в зависимости от температуры, магнитного поля, давления, в том числе, и сверхпроводящих материалов как классических ZrV_2 , Nb_3Sn , так и новых $Y-Ba-Cu-O$, $Bi-Ca-Sr-Cu-O$ с рекордно высокой в настоящее время температурой сверхпроводящего перехода.

УДК 539.32:534-16

**МЕТОД РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

А. Н. Чобот, А. В. Мазовко (ИЯТТП АНБ)

Предлагается использовать метод резонансных колебаний в широком интервале частот и температур для определения коэффициента теплового расширения твердых материалов в форме цилиндрических или прямоугольных стержней.

Сущность метода заключается в том, что исследуемый образец подвешивается на тонких нитях в горизонтальном положении вблизи узлов колебаний, а вторые концы нитей, перекинутые через пьезокристаллы, удерживают в горизонтальном положении эталонный образец. Сигнал от генератора ультразвуковых колебаний подается на пьезокристалл-возбудитель, который вызывает механические колебания как измеряемого, так и эталонного образцов. Пьезокристалл-приемник передает колебания на селективный усилитель, а затем на вход осциллографа.

При совпадении задающей частоты с собственной частотой колебаний образца на экране осциллографа наблюдается резонанс, частоту которого фиксирует частотомер. Зная резонансную частоту и геометрические размеры образца, рассчитываем модуль упругости и температурный коэффициент модуля.

Известно, что температурный коэффициент модуля упругости связан с коэффициентом теплового расширения линейной зависимостью, что позволяет рассчитать его в широком интервале температур. Одновременно измеряем резонансную частоту как эталонного, так и исследуемого образцов. Калибровка производится по эталонному образцу, температурный ход коэффициента теплового расширения которого известен. В процессе всего цикла измерений крепление образцов не изменяется, что исключает дополнительные погрешности.

Метод апробирован на различных образцах в различных температурных интервалах. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными.

Измерения проводились не только на основной, но и на более высоких модах колебаний.

УДК 534.284

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЛОЕВ
В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДАХ**

Е. Д. Рафеенко (БГПА)

Во многих технологических процессах, связанных с обработкой материалов ультразвуком, колебания вводятся в рабочую зону с помощью волноводов, соединенных между собой композитными слоями. Проблема состоит в проектировании соединительного слоя, передающего энергию ультразвуковых колебаний в рабочую зону с минимальными потерями, а также обладающего высокими прочностными свойствами.

Уравнение Гельмгольца, описывающее процесс распространения волн в неоднородной среде, сводится к уравнению Риккати для коэффициента отражения, которое записывается в виде эквивалентного нелинейного интегрального уравнения в приближении однократного рассеяния. Минимизируется функционал, который представляет собой модуль коэффициента отражения от неоднородного слоя. В явном виде рассчитаны характеристики слоя с оптимальными свойствами отражения.

Предлагается алгоритм синтеза неоднородного слоя с рассчитанными характеристиками. Установлено, что вид функции скорости волны внутри слоя накладывает ограничения на возможности синтеза композитного слоя. Спроектированы двухкомпонентные и трехкомпонентные композитные слои. Рассчитаны коэффициенты отражения для композиций из металлов, дерева, пластиков.

УДК 681.7.05.2

УЗ ОБОРУДОВАНИЕ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В.В.Слизень, В.С.Томаль (НИТИОС и ВТ)

Стабильность и надежность элементной базы приборостроения во многом зависят от уровня ее очистки и требуют оснащения предприятий прогрессивными видами оборудования.

Используя современные достижения в области технологии, нами разработана серия механизированных и роботизированных комплексов промывки, сравнительные технические характеристики которых приведены в табл.

Наименование показателя	Технические характеристики			
	РТКП-1	РТКП-3	РТКП-4	Орфей 14
Производительность, шт/ч	360-5500	120-7800	20000	360-2500
Установленная мощность, кВт	80	28	26	11
Частота УЗ колебаний, кГц	44	44	44	44
Диапазон регулирования температуры, °С	20-100	20-90	20-90	20-80
Рабочая емкость ванн, л	34	50	50	14
Количество ванн, шт.	11	10	8	10
Количество УЗ ванн, шт.	6	4	4	4
Перенос деталей	робот	робот	робот	ручной
Габаритные размеры, м	7,6 X 4,8	6,8 X 2	5,8 X 1	4 X 1
Масса, кг	2800	1200	1100	800

РТКП-1, РТКП-3 и Орфей 14 обладают многофункциональными возможностями очистки поверхностей в области науки, техники и медицины. Модульный принцип построения оборудования очистки позволяет решать широкий круг технологических задач.

РТКП-4 предназначен для очистки стеклобаллонов, в частности, герконов. Совокупность интенсификации процесса очистки температурой, УЗ колебаниями на 44 кГц, центрифугированием и вакуумированием позволяет получать стабильное и высокое качество поверхности.

УДК 681.7.026.3

УЗ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

В.В.Слизень (НИТИОС и ВТ)

После обработки поверхность оптических деталей имеет широкий круг загрязнений — наклеенные смолы, защитные лаки, СОЖ, остатки полирующих композиций, солей и отпечатков пальцев.

Исследовали влияние интенсифицирующих факторов на временные характеристики удаления загрязнений в водных 2 масс. % щелочных растворах ПАВ. Показано, что температура стимулирует процесс гидролиза, диспергирования и эмульгирования пеко-канифольной наклеенной смолы и защитных покрытий на основе фенолоформальдегидных смол. Возвратно-поступательные перемещения ускоряют вышеуказанные процессы в 1,6 раза, а ультразвуковые колебания с введенной удельной мощностью 6 и 12 Вт/л сокращают время очистки в 2 и 4 раза соответственно. Суммарный эффект интенсификации процесса очистки поверхности от загрязнений составляет 10-15 раз.

Аналогичные зависимости установлены для клея расплава ГИПК 22-42, шеллака и масла вазелинового приборного.

Установлено, что остатки полирующих композиций имеют высокие адгезионные свойства к поверхности оптических деталей из-за их сродства к структуре стекол. Показано, что определяющим фактором при удалении остатков оксидов церия и циркония являются ультразвуковые колебания. Температура ускоряет процесс очистки в 1,3 раза в области 60 °С. Возвратно-поступательные перемещения относительно активной среды сокращают время очистки в 1,5 раза. В то время как УЗ колебания с введенной удельной мощностью 6 и 12 Вт/л сокращают время очистки поверхности оптических деталей в 2,5 и 5 раз соответственно.

Увеличение удельной введенной мощности УЗ колебаний адекватно сокращению временных характеристик очистки поверхности оптических деталей.

Исследовали изменения водородного показателя питьевой воды после ополаскивания от щелочных растворов. Установлено, что при температуре 40 °С достигнут оптимум удаления щелочных растворов с поверхностей оптических деталей за 6 мин. при подаче воды 400 л/ч. При этом объемная емкость составляет 15 крат.

УДК 681.7:05.2:621.3.049.075

УЗ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В.Слизень (НТИОС и ВТ)

Среди интенсифицирующих факторов выделяются ультразвуковые колебания, которые характеризуются кавитационными явлениями (2-10 тыс. атм-локальное давление) и радиационными потоками. Область высоких давлений в жидкой среде способствует течению сонохимических процессов.

Исследовали очистку поверхности листовых материалов, в частности, печатных плат в водных растворах поверхностно-активных веществ при наложении ультразвуковых колебаний частотой 44 кГц. Установлены скоростные параметры ультразвуковой очистки поверхности печатных плат и их отверстий от жиров и продуктов сверления. Показано, что УЗ колебания стимулируют процесс удаления загрязнений в 8-10 раз. Высокий эффект очистки достигнут при использовании УЗ колебаний волнового и встречно-волнового характера (рис.). При этом наблюдается рост интенсификации процесса очистки, особенно отверстий, при подаче УЗ колебаний сверху вниз, затем снизу вверх и одновременно снизу и сверху. В первых двух случаях идет очистка отверстий за счет волновых процессов в УЗ поле, которые создают направленные потоки мощных композиций сверху и снизу вверх.

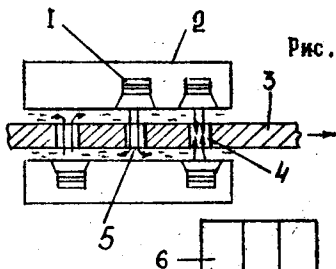


Рис. 1. Пьезоэлектрический преобразователь;
2. Корпус группы УЗ преобразователей;
3. Листовой материал;
4. Ультразвуковой генератор;
4:5. Волновой и встречно - волновой процессы.

Одновременная подача УЗ колебаний сверху и снизу создает область высоких кавитационных давлений, которые способствуют интенсивному течению сонохимических процессов в жидкой среде, а также удалению кавитационно стойких загрязнений. Установлены оптимальные скоростные параметры УЗ очистки в области 30-50 м/ч.

УДК 681.2.05.2

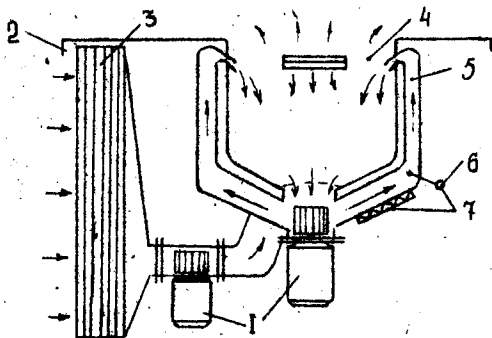
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СУШКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.В.Слизень (НИТИОС и ВТ)

Исследовали закономерности сушки поверхностей высокоточных оптических деталей. Установлены зависимости скорости сушки деталей от температуры и скорости потока воздуха. Показано, что optimum сушки лежит в области температур 60–80°С при скорости потока воздуха 5–8 м/с. При этом время удаления влаги с поверхности составляет 4 мин.

Увеличение температуры и скорости потока воздуха сокращает время сушки поверхностей высокоточных деталей, однако это явление приводит к ряду негативных явлений. Показано, что рециркуляция воздуха снижает энергопотребление в 3 раза при сохранении временных характеристик сушки. Установлено соотношение рециркулируемого воздуха к возобновленному.

Установленные закономерности сушки легли в основу разработки и изготовления ряда промышленных комплексов ультразвуковой очистки (РТКП-3, РТКП-4, "Орфей 1", "Орфей 2").



В состав сушильного устройства входят каркас 2 со смонтированной на нем камерой 4, в которой осуществляется сушка деталей. По воздуховодам 5 воздух с помощью центробежных вентиляторов 1

направляется в зону сушки, предварительно подогревается нагревателем 6 и термостатируется с помощью датчика 7 температуры. Воздух рециркулирует по воздуховодам. Избыток его за счет конвекционных потоков поступает наружу, чем обуславливает обмен и предотвращение накопления влаги. В более ответственных операциях очистки используются ультрафильтры 3.

УДК 681.7.05.2

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ УНИФИЦИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

В.В.Слизень, С.С.Кривоносов (НТИОС и ВТ)

Исследованы закономерности очистки поверхностей деталей. На их основании установлены технологические параметры ванн. Показано, что для очистки взрывобезопасных растворителей присущ тип ванн "Р" (рис.), характеризующихся наличием пьезоэлектрических преобразователей, системы термостатирования, датчиков ультразвука, температуры и уровня. Для водных растворов ПАВ характерен тип ванн "М и П". Типы ванн "З, В, Д, О" предназначены для ополаскивания деталей от моющих сред в питьевой, дистиллированной или деионизованной воде. Сумка деталей предпочтительна в ваннах типа "С".

Установлены оптимальные технологические параметры длины ванн к ее ширине, составляющие 1,25 - 1,30 : 1,0.

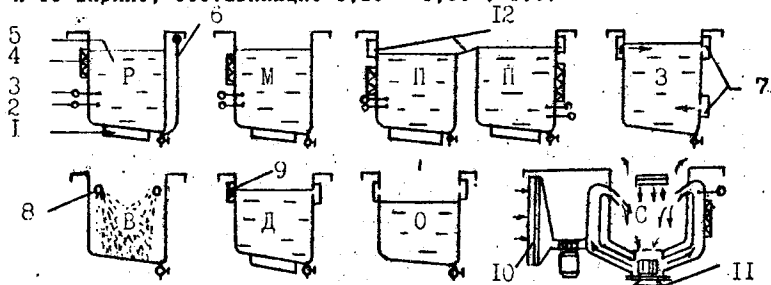


Рис. Типы ванн: 1 - пьезоэлектрический преобразователь; 2 - датчик ультразвука; 3 - датчик температуры; 4 - нагреватель; 5 - ванна; 6 - датчик уровня; 7 - устройство затопленной струи; 8 - суширующее устройство; 9 - переливное устройство; 10 - ультрафильтр; 11 - вентилятор; 12 - устройство перелива по зеркалу.

Показано, что эффективность работы акустической системы зависит от упругости паров и массы раствора. Порог кавитации ниже для тех растворителей и водных растворов, где упругость паров высока. Повышение температуры и введение поверхностно-активных веществ способствуют снижению порога кавитации.

Предложенный тип ванн служит унифицированным рядом для комбинирования их в модули оборудования УЗ очистки поверхностей.

УДК 534.4 :532.5

УЗ ОЧИСТКА ФИЛЬТРОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В.В.СЛИЗЕНЬ, С.С.КРИВОНОСОВ (НИТИОС и ВТ)

На базе анализа существующих способов ультразвуковой очистки авторами разработан метод ультразвуковой очистки масляных фильтров, основанный на ультразвуковом диспергировании моющего состава. Использование данного способа позволяет устранить причины, не позволяющие использовать масляные фильтры после определенного срока их эксплуатации.

Сущность способа заключается в том, что моющий состав на основе органических растворителей под определенным давлением подается через центральное отверстие волновода ультразвукового преобразователя, которое сообщается с отверстиями меньшего диаметра, расположенными по диаметру волновода и по его высоте через определенный шаг.

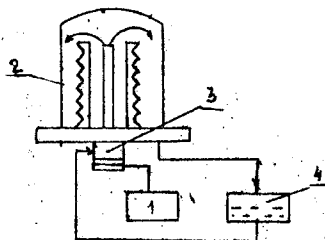


Рис.1 1- ультразвуковой генератор, 2- масляный фильтр, 3- ультразвуковой преобразователь, 4- емкость с насосом.

Как показали эксперименты, удалось достигнуть высокой степени очистки диафрагм масляных фильтров различного конструктивного исполнения. Обработка проводилась на частоте 44 кГц, акустической мощности 6 Вт/ см и температуре моющего состава 50° С. Конструктивно устройство представляет собой малогабаритное переносное устройство, позволяющее обрабатывать одновременно один фильтр.

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

В.В.СЛИЗЕНЬ, С.С.КРИВОНОСОВ (НИТИОС и ВТ)

Работа посвящена исследованию нового способа интенсификации технологических процессов очистки, протекающих в жидких средах — одновременного воздействия акустических колебаний и циклического перепада давлений.

Экспериментальные исследования показали его высокую эффективность по сравнению с другими методами ультразвукового воздействия на процесс очистки поверхности как твердых, так и эластичных тел от труднорастворимых в водных растворах веществ (загрязнений) и особенно в труднодоступных (глухих) отверстиях.

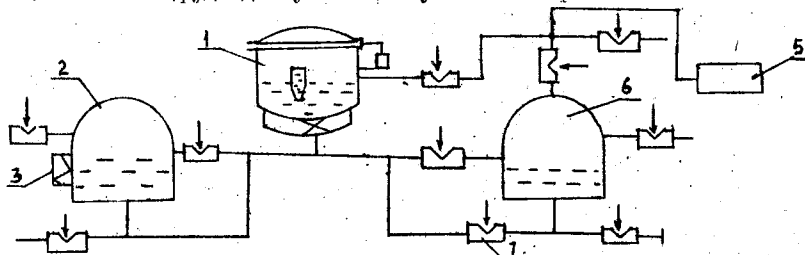


Рис. 1. Ультразвуковая вакуумная установка: 1- рабочая камера с объемом 35 литров, 2- камера подготовки моющего состава, 3- система термостатирования, 4- ультразвуковые преобразователи, 5- водопольшевой насос, 6- камера подготовки состава для ополаскивания, 7- вакуумные клапаны.

Физическая сущность метода заключается в том, что за счет вакуумирования изменяются параметры ультразвукового воздействия, а именно, снижается порог кавитации, повышается капиллярный эффект, в результате чего увеличивается растворяющая способность моющего средства за счет его глубокого проникновения. Установлены оптимальные технологические режимы: температура моющего раствора, количество циклов, длительность цикла, перепад давления.

Установка состоит из рабочей камеры, соединенной через вакуумные клапаны с камерой подготовки моющего состава, камерой подготовки состава для ополаскивания. Камеры оснащены ультразвуковыми преобразователями, системой термостатирования и вакуумирования. Процесс осуществляется по специальной программе, обеспечивающей реализацию способа.

Сокращения

РБ	- Республика Беларусь
АНБ	- Академия Наук Беларуси
ААН РБ	- Академия аграрных наук Республики Беларусь
НИИ	- научно-исследовательский институт
СХИ	- Сельскохозяйственный институт
БАТУ	- Белорусский аграрный технический университет
ВГАВМ	- Витебская государственная академия ветеринарной медицины
БГПА	- Белорусская государственная политехническая академия
БГУИР	- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ИТА АНБ	- Институт технической акустики АНБ
ИТМО АНБ	- Институт тепло-массообмена АНБ
ИФТП АНБ	- Институт физики твердого тела и полупроводников АНБ
СЗПИ	- Северо-западный заочный политехнический институт (г. Санкт-Петербург)
ТГТА	- Таврическая государственная агротехническая академия (Украина)
ВНИИТВЧ	- Всероссийский Научно-исследовательский институт токов высокой частоты
АРМЗ	- Авторемонтный завод
НИТНОС и ВТ	- Научно-исследовательский технологический институт оптического станкостроения и вакуумной техники

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Л. С. Герасимович. О РАБОТАХ В ОБЛАСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ В БЕЛОРУССКОМ АГРАРНОМ ТЕХНИ- ЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	5
Г. Ф. Добыш, А. В. Крутой, А. С. Шиляев, П. И. Пахомюк. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ УЛЬТРА- ЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	7
С. Л. Быкова, В. А. Козик, П. Н. Логвинович, Ан. С. Рубанов, А. С. Шиляев. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС АМУ-4П ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА	9
Д. Н. Гончаров. К ВОПРОСУ ОБ АКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРА В МОЛОКЕ	10
В. Ф. Яковлев. АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИИ ОВОЩЕ-БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР	11
В. Ф. Яковлев, А. Н. Терехов. АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗОНДИРОВАНИЯ ВНУТРИПЛОДНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ	12
Л. А. Веремейчик, А. Ф. Гуз, А. В. Горный, В. С. Лобунов, И. Н. Марцуль, Н. В. Волчек. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА ИХ ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ	13
П. П. Цыбульский. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ПОДГОТОВКЕ К СКАРМЛИВАНИЮ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУБЫХ И КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ	14

Е. А. Адоньева. ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОВЫХ СОКОВ.....	15
А. С. Шиляев, Л. М. Седлов, В. Г. Артемьев, Т. А. Куфтырева, П. П. Савицкий, И. Д. Саев. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА МОЛОКА.....	16
И. П. Назаренко. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИЕЙ.....	17
В. П. Трушко. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	18
Ф. А. Попов, В. М. Грибовский. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА СНИЖЕНИЕ ФИТОПАТОГЕННОГО КОМПЛЕКСА И УРОЖАЙ.....	19
Н. И. Бохан, Н. Г. Евтихийев, В. Б. Ловкис, Н. А. Маслюков. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	20
Н. Г. Евтихийев, Н. И. Бохан, В. Б. Ловкис, Н. А. Маслюков. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ.....	21
А. С. Шиляев, И. Л. Гайдым, В. В. Слизень. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ХЛЕБНЫХ ФОРМ.....	22
Э. И. Веремей, А. Ф. Могиленко. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЕ.....	23
И. Э. Адзерихо, В. В. Дмитриев, А. Г. Мрочек, С. Н. Токарь, Д. И. Белугин. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ЛИЗИСА ФИБРИНОВОГО СГУСТКА	24

И. Э. Адзерихо, Г. И. Овчаров, О. В. Роман, Г. В. Смирнов. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КАВИТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В НЕОДНОРОДНОЙ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ И ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЖНЫХ ВИБРАТОРОВ ДЛЯ АНГИОПЛАСТИКИ	25
А. А. Андреев, П. П. Федирко. УЛЬТРАЗВУКОВОЕ СТРУКТУРО- ОБРАЗОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЧВЫ И КВАЗИАКТИВНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ.	26
Н. И. Бохан, Н. Г. Евтихийев, В. Б. Ловкио, Н. А. Маслюков. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ПУТЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.	27
И. А. Самарин. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЗ КОЛЕБАНИЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКЕ.	28
М. Д. Тявловский, М. Н. Лось, В. А. Дронченко. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ СОЖ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОЙ СМАЗКИ ЛЭ-ЦНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ. .29	
В. А. Дидур, В. Ф. Яковлев, Г. И. Максимочкин, Р. В. Кушлык. АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ. .30	
А. С. Шиляев, Л. А. Чернобай. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕДОБЫЧИ.	31
М. М. Севернев, Н. Ф. Лугаков, В. И. Ивинский, С. А. Стукин, В. П. Иванов, В. И. Семенов, А. В. Костюченко. ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ СХЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ВОЛНОВОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ.	33

М. М. Севернев, Н. Ф. Лугаков, В. И. Ивинский, С. А. Стукин, В. П. Иванов, В. И. Семенов, А. В. Костюченко. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ СХЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ПОДАЧИ ВОЛНОВОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	34
А. С. Шиляев, Н. Ф. Лугаков В. И. Ивинский, С. А. Стукин. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ С ВВОДОМ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ.....	35
Ю. В. Холопов. БЕЗАБРАЗИВНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛА - ОДНА ИЗ ВЕДУЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНО- СТРОЕНИЯ В 21 ВЕКЕ.....	36
А. В. Чигарев, Ю. В. Чигарев. СТАХОСТИЗАЦИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ СРЕДАХ.....	37
В. В. Клубович, В. В. Рубаник, А. О. Филимонов, В. В. Рубаник, РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ОЛОВЯННО-СВИНЦОВОГО ПРИПОЯ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ.....	38
В. В. Клубович, В. В. Рубаник, А. О. Филимонов. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЦЕСС ВОЛОЧЕ- НИЯ И СВОЙСТВА ТИТАН-НИКЕЛЕВОЙ ПРОВОЛОКИ.....	39
В. В. Рубаник, Ю. В. Царенко, В. П. Бобров. ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ВОЛОЧЕНИЯ С УЛЬТРАЗВУКОМ.....	41
Г. В. Смирнов, И. А. Самарин, А. Д. Шуганов. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ УДАРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СВАРКИ ВЗРЫВОМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ.....	42
Ю. Ш. Голанд, И. М. Дробь, М. В. Самоделко. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ.....	43

П. П. Савицкий, А. В. Костюченко. ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ.....	44
А. С. Шиляев, Н. Ф. Лугаков, Е. Л. Магер. ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТЯХ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ НА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РЕШЕТКЕ.....	45
И. В. Петушко. НОВОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	46
А. С. Шиляев, С. А. Хохряков. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	47
В. М. Добрянский, Ан. С. Рубанов. О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА С ДВУМЯ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА.....	48
В. М. Добрянский, Ан. С. Рубанов, Е. В. Коробко, И. Н. Лобанок. КАМЕРА ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ПРОДОЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ДИАТОМИТА.....	49
В. И. Крылович, П. Н. Логвинович. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ И СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ.....	49
В. М. Добрянский, Е. Л. Магер. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ КАМЕР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.....	50
В. М. Добрянский, В. Ф. Малишевский, Е. Л. Магер, Г. М. Чобот. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СПЕКАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ ВТСП-КЕРАМИК.....	51
В. М. Добрянский, В. Б. Шипило, Н. Г. Аниченко, Е. Л. Магер. УПРУГИЕ СВОЙСТВА СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА, СПЕЧЕННЫХ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ.....	53

В. И. Крылович, В. И. Дербан. НЕТРАДИЦИОННЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД.....	54
В. М. Добрянский, Е. Л. Магер, В. Ф. Малишевский, З. В. Межевич. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И БАРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В ВТСП-КЕРАМИКЕ.....	55
В. М. Добрянский, Е. Л. Магер. СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ВТСП-КЕРАМИКАХ.....	56
А. Н. Чобот, А. В. Мазовко. МЕТОД РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.....	57
Е. Д. Рафеенко. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЛОЕВ В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДАХ.....	58
В. В. СлиZENЬ, В. С. Томаль. УЗ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	59
В. В. СлиZENЬ. УЗ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.....	60
В. В. СлиZENЬ. УЗ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	61
В. В. СлиZENЬ. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СУШКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	62
В. В. СлиZENЬ, С. С. Кривоносов. КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ УНИФИЦИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....	63
В. В. СлиZENЬ, С. С. Кривоносов. УЗ ОЧИСТКА ФИЛЬТРОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.....	64
В. В. СлиZENЬ, С. С. Кривоносов. НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ.....	65
СОКРАЩЕНИЯ.....	66